

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

UMA METODOLOGIA DE PROJETO DE TANQUES ATMOSFÉRICOS VERTICAIS PARA  
ARMAZENAMENTO DE PETRÓLEO E SEUS DERIVADOS

por

Cauã Pinheiro Nunes

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Engenheiro Mecânico.

Porto Alegre, Junho de 2013.



Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Escola de Engenharia  
Departamento de Engenharia Mecânica

UMA METODOLOGIA DE PROJETO DE TANQUES ATMOSFÉRICOS VERTICAIS PARA  
ARMAZENAMENTO DE PETRÓLEO E SEUS DERIVADOS

por

Cauã Pinheiro Nunes

ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DOS  
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE  
**ENGENHEIRO MECÂNICO**  
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA DO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Thamy Cristina Hayashi  
Coordenadora do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: Projeto e Fabricação

Orientador: Prof. Dr. Joyson Luiz Pacheco

Comissão de Avaliação:

Prof. Eduardo A. Perondi

Prof. Fabiano Disconzi Wildner

Prof. Cintia C. Petry Mazzaferro

Porto Alegre, 05, Julho de 2013.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente ao meu pai Manoel Francisco Silva Nunes pelo constante incentivo a busca de conhecimento, formação acadêmica e moral.

Aos meus avós Alfredo da Cunha Pinheiro e Sílvia Regina Lopes Pinheiro, que sempre me apoiaram em minhas decisões e me deram suporte emocional e financeiro durante todo período de graduação, tornando possível esta realização.

Ao meu irmão Marauê Pinheiro Nunes pela amizade e conhecimentos compartilhados.

Ao meu professor orientador Dr. Joyson Luiz Pacheco, pela atenção e disponibilidade ao esclarecimento de dúvidas, além das importantes instruções para a realização deste trabalho.

À minha namorada Fernanda Guerra, pelo carinho, apoio e companheirismo ao longo dos últimos anos.

**NUNES, C. P. Uma Metodologia de Projeto de Tanques Atmosféricos Verticais para Armazenamento de Petróleo e seus Derivados.** 2013. 20 folhas. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

## **RESUMO**

Este trabalho apresenta uma metodologia de projeto de tanques atmosféricos verticais para armazenamento de petróleo e seus derivados. A metodologia proposta é composta por cinco etapas principais, baseadas em normas técnicas de projeto, com o objetivo de um melhor detalhamento e, conseqüentemente, um melhor entendimento dos aspectos mais relevantes a serem considerados no decorrer do projeto. Para verificação, a metodologia foi aplicada em um caso prático de um tanque atmosférico vertical de armazenamento de óleo combustível. Ao final deste trabalho, pode-se verificar que o uso da metodologia facilita o estabelecimento de um sequenciamento lógico para a seleção e projeto do tanque, constituindo como uma boa ferramenta para auxiliar em projetos de tanques atmosféricos de armazenamento de petróleo e seus derivados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Armazenamento, Metodologia de Projeto, Normas Técnicas, Tanques Atmosféricos Verticais.

**NUNES, C. P. A Design Methodology of Vertical Atmospheric Tanks for Storage of Oil and Its Derivatives.** 2013. 20 folhas. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

## **ABSTRACT**

This paper presents a design methodology of vertical atmospheric tanks for storage of oil and its derivatives. The proposed methodology consists of five main steps, standards-based design techniques, with the goal of a more detailed and, consequently, a better understanding of the most important aspects to be considered during the project. For verification, the methodology was applied in a practical case of vertical atmospheric tank storage of fuel oil. At the end of this work, it can be seen that the use of the methodology facilitates the establishment of a logical sequence for the selection and design of the tank, constituted as a good tool to assist in the design of atmospheric storage tanks for petroleum and its products.

**KEYWORDS:** Storage, Design Methodology, Technical Standards, Atmospheric Vertical Tanks.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 – Gráfico esquemático da primeira etapa da metodologia de projeto para tanques de armazenamento de petróleo e seus derivados. ....	3
Figura 4.2 – Gráfico esquemático da segunda etapa da metodologia de projeto para tanques de armazenamento de petróleo e seus derivados. ....	5
Figura 4.3 – Gráfico esquemático da terceira etapa da metodologia de projeto para tanques de armazenamento de petróleo e seus derivados. ....	6
Figura 4.4 – Gráfico esquemático da quarta etapa da metodologia de projeto para tanques de armazenamento de petróleo e seus derivados. ....	8
Figura 4.5 – Componentes e acessórios de tanques atmosféricos verticais. ....	9
Figura 4.6 – Gráfico esquemático da quinta etapa da metodologia de projeto para tanques de armazenamento de petróleo e seus derivados. ....	12

## LISTA DE TABELAS

Tabela A.1 – Recomendações de tipos de tanques [PETROBRAS N-270] .....	18
Tabela A.2 – Taxas anuais de corrosão do aço carbono. [PETROBRAS N-270].....	18
Tabela A.3 - Espessura nominal mínima para chapas do costado [ABNT NBR 7821:83].....	19
Tabela A.4 – Exigências para chapas do fundo. [Adaptado PETROBRAS N-270]] .....	19
Tabela A.5 - Quantidade de bocas de visita, Portas de Limpeza e Drenos de fundo dos tanques. [PETROBRAS N-270] .....	19
Tabela A.6 – Especificações dos Revestimentos [PETROBRAS N-2913]] .....	20

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVOS.....	1
2.1	OBJETIVO GERAL.....	1
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	1
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	1
3.1	Tanques de Armazenamento.....	1
3.2	Normas Técnicas para Construção de Tanque de Armazenamento .....	2
4	METODOLOGIA .....	2
4.1	PRIMEIRA ETAPA – DEFINIÇÃO DO TAMANHO DO PROJETO.....	3
4.1.1	Dados Primários .....	3
4.1.2	Dados Secundários .....	4
	RELAÇÃO ALTURA E DIÂMETRO .....	4
4.2	SEGUNTA ETAPA – SELEÇÃO DO TIPO DE TANQUE .....	5
4.2.1	Definição do Tipo de Tanque.....	5
4.3	TERCEIRA ETAPA – DIMENSIONAMENTO .....	6
4.3.1	Projeto do Costado .....	6
4.3.2	Projeto do Teto .....	7
4.3.3	Projeto do Fundo .....	8
4.3.4	Fundação.....	8
4.4	QUARTA ETAPA – SELEÇÃO DOS ACESSÓRIOS.....	8
4.4.1	Bocas de Visita, Portas de Limpeza e Drenos de Fundo.....	9
4.4.2	Acessórios e Bocais para o Costado .....	10
4.4.3	Acessórios e Bocais para o Teto .....	11
4.4.4	Equipamentos Proteção Contra Incêndio .....	12
4.5	QUINTA ETAPA – ACABAMENTO .....	12
4.5.1	Pintura .....	13
4.5.2	Proteção Catódica .....	13
4.5.3	Aterramento .....	13
4.5.4	Sistema de Aquecimento.....	13
4.5.5	Isolamento Térmico a Alta Temperatura.....	14
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	14
6	CONCLUSÕES.....	14
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	14
	APÊNDICE A – Aplicação da metodologia proposta em um caso prático. ....	16
	ANEXO A – Tabelas práticas utilizadas pela metodologia .....	18

## **1 INTRODUÇÃO**

Em refinarias de petróleo, indústrias químicas e petroquímicas, os tanques de armazenamento constituem um conjunto importante de equipamentos que abrangem os mais variados usos, tais como o armazenamento de matérias-primas, insumos e produtos, o que possibilita a manutenção de estoques estratégicos dentro de seus limites, garantindo a continuidade operacional, em casos de interrupção do fornecimento de algum produto.

O projeto e a construção de tanques atmosféricos envolve uma série de cuidados especiais e exige o conhecimento de normas técnicas e materiais adequados para cada tipo de aplicação, pois as falhas nesses equipamentos podem acarretar em grandes prejuízos financeiros ou, até mesmo, na perda de vidas.

Um tanque de armazenamento é um recipiente destinado a armazenar fluidos a pressão atmosférica e a pressões superiores à atmosférica, normalmente instalados no interior de bacias de contenção com a finalidade de conter os derrames, podendo ter variadas dimensões que chegam até mais de cinquenta metros de diâmetro. Na indústria de processos, a maior parte dos tanques de armazenamento é construída de acordo com os requisitos definidos pelo código americano API 650 (Lindenberg, 2008).

Este trabalho propõe uma metodologia para projetos de tanques atmosféricos verticais de armazenamento de petróleo e seus derivados. Esta metodologia foi elaborada de acordo com as normas técnicas de projeto mais utilizadas e reconhecidas, tais como, ABNT NBR 7821, PETROBRAS N-270 e API STD 650.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Esta metodologia visa a estabelecer um sequenciamento lógico de etapas, fundamentadas em normas técnicas vigentes, para o projeto de tanque atmosférico vertical de armazenamento.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Definição dos dados mais relevantes do projeto;
- Escolha do tipo de tanque mais adequado;
- Direcionamento dos procedimentos de cálculo para os itens específicos do API 650;
- Seleção dos itens acessórios e de acabamento.

## **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **3.1 TANQUES DE ARMAZENAMENTO**

Conforme Costa, 2010, tanques de armazenamento são equipamentos usados para armazenagem de grandes inventários de produtos como o petróleo e seus 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.

#### **TANQUES DE TETO FIXO**

Os tanques de teto fixo são os mais simples e comuns na indústria, consistindo de um corpo cilíndrico com um teto fixo contendo um suspiro usado para a ventilação durante as

manobras de carregamento e descarregamento do produto. Os suspiros permitem a entrada ou saída de ar, evitando a formação de vácuo ou pressurização do tanque [Martins, 2004].

Estes tanques podem ser autoportantes ou suportados por uma estrutura interna de perfis metálicos. Os tetos autoportantes são apoiados exclusivamente na periferia do costado. Já os tanques com teto suportado possuem uma estrutura de sustentação, com ou sem colunas. Dependendo da forma do teto fixo, podem-se distinguir as seguintes variações construtivas: Teto Cônico: apresenta a forma aproximada de um cone reto; e Teto Domo: apresenta teto curvo, no qual qualquer seção horizontal tem a forma de um polígono regular.

### **TANQUES DE TETO FLUTUANTE**

São tanques cujos tetos estão diretamente apoiados na superfície do líquido armazenado, no qual flutuam, mantendo um espaço de vapor constante durante os períodos de esvaziamento e enchimento, não permitindo espaço para evaporação de gases. A redução das perdas e emissões de produto por evaporação é a principal razão pelo qual são utilizados.

## **3.2 NORMAS TÉCNICAS PARA CONSTRUÇÃO DE TANQUE DE ARMAZENAMENTO**

Um código (norma) é 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 são importantes para o desenvolvimento de projetos, servindo de suporte técnico e impondo restrições para materiais e processos. As três 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**

Abrange especificações sobre material, projeto, fabricação, montagem e testes de tanques de armazenamento verticais, cilíndricos, 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**

Estabelece as exigências mínimas que devem ser seguidas para materiais, projeto, fabricação, montagem e testes de tanques de aço-carbono, soldados, cilíndricos, 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 e +200 °C.

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

Esta norma fixa as condições exigíveis 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.

## **4 METODOLOGIA**

Conforme já exposto, neste trabalho objetiva-se desenvolver o sequenciamento lógico das diretrizes básicas a serem seguidas nos projetos de tanques atmosféricos verticais para

armazenamento de petróleo e seus derivados. Tal metodologia tem nas normas técnicas a sua base teórica.

A metodologia de projeto proposta é dividida em cinco etapas principais, que devem ser realizadas na ordem em que são apresentadas, possibilitando assim, um sequenciamento lógico nas tomadas de decisão no decorrer do andamento do projeto. Para uma melhor visualização e entendimento das etapas, foram criados gráficos esquemáticos para cada uma delas. Estes gráficos apresentam uma visão geral de cada uma das etapas.

Antes do início desta metodologia, se faz necessário a determinação dos conceitos de dados primários e dados secundários. De acordo a metodologia proposta, dados primários são restrições impostas ao projeto. Já, os dados secundários são as alternativas de projeto que cumprem as restrições dispostas pelos dados primários.

O ponto de partida está na correta definição dos dados primários e secundários de projeto, ou seja, devem-se avaliar adequadamente os fatores relevantes do projeto para que se tenha um apropriado resultado final.

#### 4.1 PRIMEIRA ETAPA – DEFINIÇÃO DO TAMANHO DO PROJETO

As principais definições e restrições são realizadas na primeira etapa (Figura 4.1). São baseadas nas características do projeto solicitado e constituem-se de informações fundamentais para o início do projeto, tais como, capacidade volumétrica do tanque, produto a ser armazenado e local para a sua construção, etc.

Após a definição dos dados primários, devem ser propostos e analisados os dados secundários, de maneira a possibilitar um aumento do espaço de projeto, buscando alternativas para atender aos dados primários.

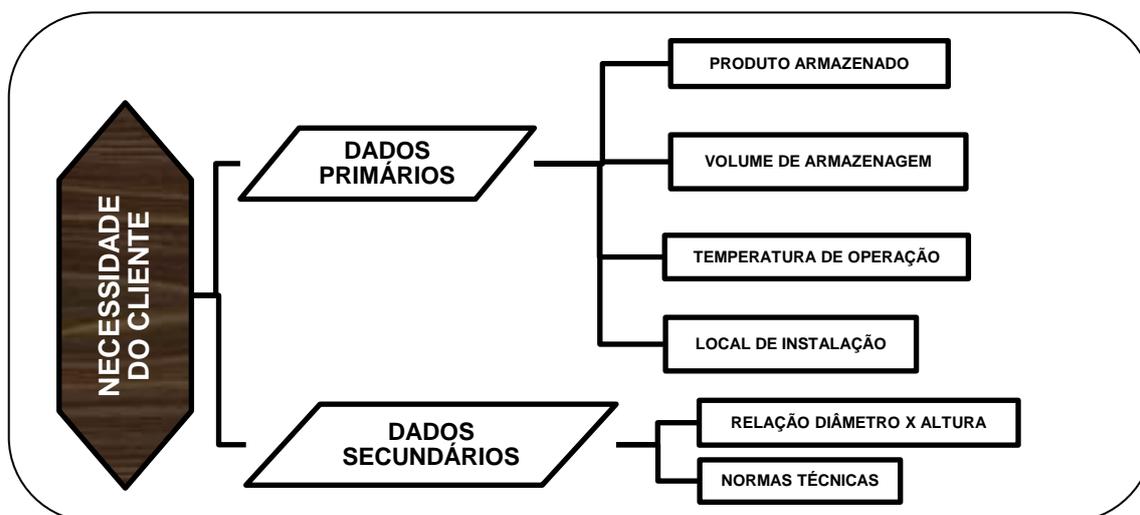


Figura 4.1 – Gráfico esquemático da primeira etapa da metodologia de projeto para tanques de armazenamento de petróleo e seus derivados.

##### 4.1.1 DADOS PRIMÁRIOS

Os dados primários são a parte mais importante do projeto, pois todas as etapas subsequentes terão que estar em conformidade com o que foi estabelecido nesta etapa. De acordo com a metodologia proposta, dados primários são as informações que determinam as exigências do projeto, impondo a exclusão de alternativas inaceitáveis. Para esta metodologia, o projeto de tanques é composto de quatro dados primários, apresentados a seguir:

## PRODUTO ARMAZENADO

O produto a ser armazenado é um dado fundamental para o projeto, pois, a partir das suas características físico-químicas será decidido o tipo de tanque, o formato do teto, tipo de pintura, etc.

## TEMPERATURA DE OPERAÇÃO

Informação importante para a determinação do tipo de tanque e para possíveis cuidados especiais de segurança.

## VOLUME DE ARMAZENAGEM

Volume de armazenagem é a capacidade volumétrica que o tanque deverá atender quando estiver pronto. Esta informação é fundamental para iniciar o projeto.

## LOCALIZAÇÃO

Este dado primário especifica as características do solo e do local destinado à instalação do tanque. Estas informações servirão para a posterior escolha do local, caso haja mais de um disponível no projeto, e também para a definição do tipo de fundação do tanque. A escolha do local para instalação do tanque de armazenamento deve ser realizada mediante uma análise nos seguintes aspectos, quando aplicáveis:

- **natureza do solo:** um dos mais importantes fatores a analisar, pois uma escolha inadequada implicará em elevado custo de fundação;
- **necessidade de ampliação:** apresentar, de preferência, área suficiente para possíveis às expansões de estocagens futuras.
- **facilidade de operação:** O tanque construído em uma região mais elevada do terreno proporciona melhores condições de operação;
- **Segurança operacional:** A localização do tanque deverá visar à segurança, com a máxima redução de riscos para as áreas vizinhas.

### 4.1.2 DADOS SECUNDÁRIOS

Os dados secundários são informações para a execução do projeto. Esta metodologia considera dois dados secundários, descritos a seguir.

#### RELAÇÃO ALTURA E DIÂMETRO

Para a escolha das dimensões principais do tanque, altura e diâmetro, deve ser realizada uma análise nos prós e contras desta relação. A norma da Petrobrás, N-270, faz uma série de ponderações sobre esta relação, sintetizadas a seguir:

A altura de um tanque de armazenamento deve ser fixada a partir das larguras comerciais das chapas que serão utilizadas no costado e ser compatível com a carga admissível do terreno.

O diâmetro do tanque deve atender à máxima economia de material, considerando o aproveitamento de chapas inteiras, meias chapas ou perfis inteiros, com a finalidade de reduzir a quantidade de cortes, soldas, radiografias e sobras de material. As seguintes relações de diâmetro e altura são comuns para tanques:

- Tanques de pequena e média capacidade:  $D \approx H$
- Tanques de grande capacidade:  $D \approx 3/8 H$

#### NORMAS TÉCNICAS

Parte essencial de todo projeto, o projetista deve seguir as orientações normativas, visto que estas dão respaldo técnico para o mesmo e possibilitam a entrega de um produto de acordo com as especificações solicitadas pelo cliente. Devem-se listar as normas técnicas que serão aceitas para a construção do tanque.

## 4.2 SEGUNTA ETAPA – SELEÇÃO DO TIPO DE TANQUE

A segunda etapa da metodologia está relacionada com a definição das características estruturais do tanque. A função do tanque é a primeira característica a ser analisada, pois dependendo do objetivo pelo qual o tanque vai ser projetado, têm-se diferentes cuidados especiais durante o seu desenvolvimento. Deste modo, as propriedades físico-químicas do produto armazenado que condicionam o projeto.

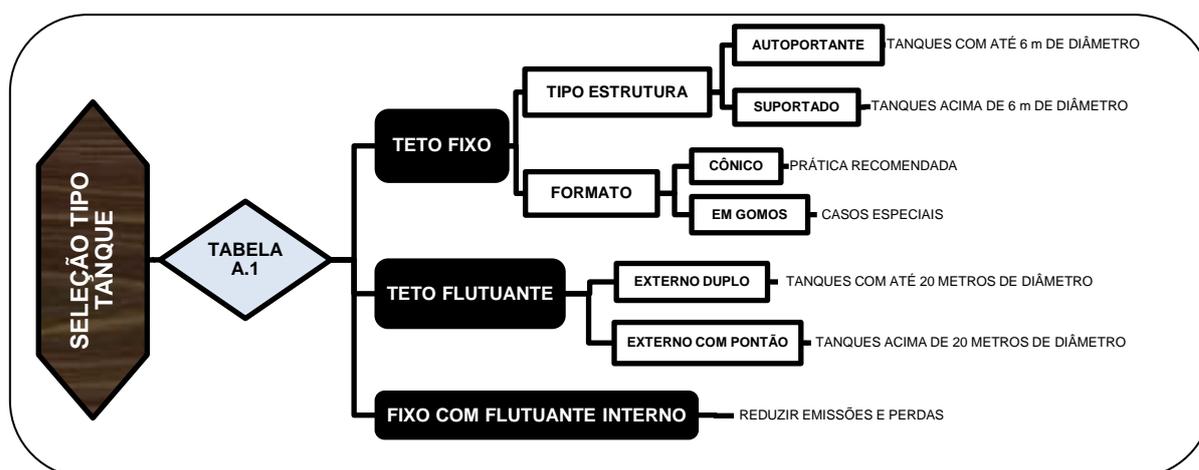


Figura 4.2 – Gráfico esquemático da segunda etapa da metodologia de projeto para tanques de armazenamento de petróleo e seus derivados.

### 4.2.1 DEFINIÇÃO DO TIPO DE TANQUE

Para a metodologia proposta, a definição do tipo de tanque deve ser realizada através da Tabela A.1, que mostra as recomendações de tipos de tanques para determinados produtos, de acordo com a PETROBRAS N-270. Após a definição do tipo e tanque, teto flutuante ou fixo, as características do tanque devem ser especificadas.

#### TANQUES DE TETO FIXO

Estes tanques podem apresentar diferentes configurações construtivas, podendo variar o tipo de estrutura e o formato do teto. A decisão destes aspectos deve ser baseada nas seguintes informações:

- Tanques com até 6 metros de diâmetro devem ser autoportantes; os demais devem ser suportados;
- O formato do teto deve ser cônico, salvo em casos especiais, quando justificados economicamente.

#### TANQUES DE TETO FLUTUANTE EXTERNO

Estes tanques podem ser de dois tipos, duplo ou pontão, a escolha deve ser realizada de acordo com o diâmetro do tanque, conforme critério da norma da Petrobrás, N-270, descrito a seguir:

- Tanques com até 20 metros de diâmetro devem ser do tipo duplo;
- Tanques com mais de 20 metros devem ser do tipo pontão.

### 4.3 TERCEIRA ETAPA – DIMENSIONAMENTO

A terceira etapa (Figura 4.3) é constituída pelos procedimentos que demandam mais tempo e que requerem os maiores cuidados durante as suas execuções. Como o objetivo desta metodologia não está no dimensionamento do tanque propriamente dito, e sim no desenvolvimento de uma metodologia que aborde o projeto como um todo, os procedimentos de cálculo estão devidamente direcionados, conforme o tipo de tanque, para uma das duas principais normas técnicas que tratam do item em questão, ABNT NBR 7821 ou API STD 650.

Esta etapa foi 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.

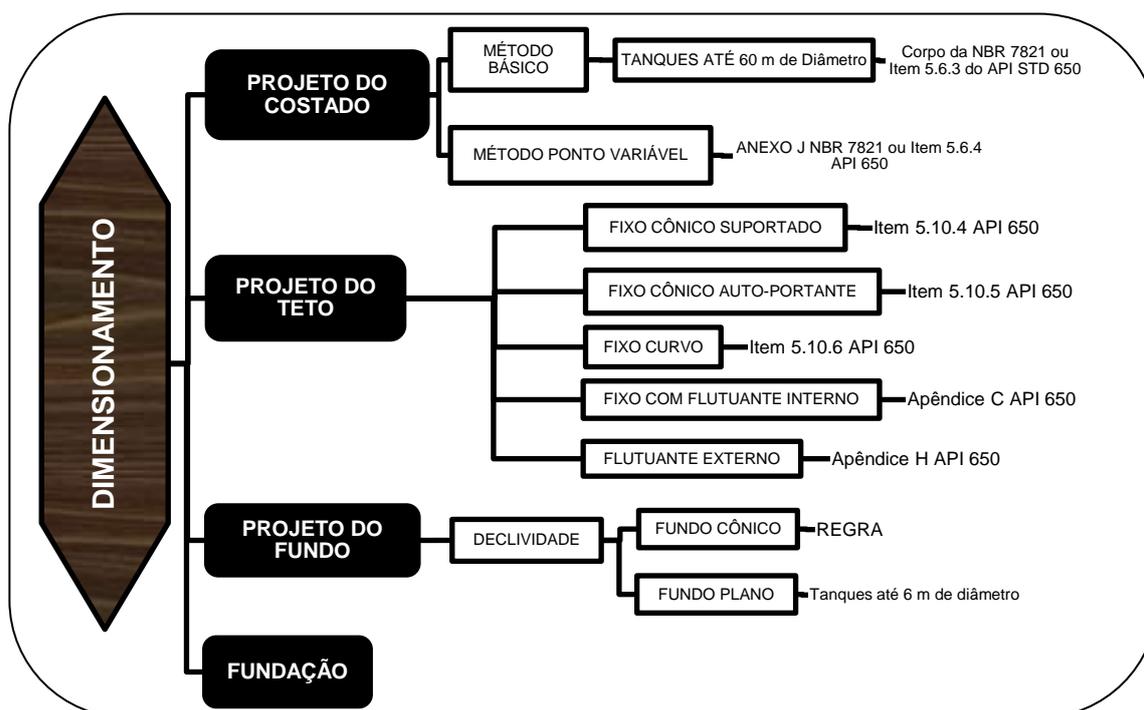


Figura 4.3 – Gráfico esquemático da terceira etapa da metodologia de projeto para tanques de armazenamento de petróleo e seus derivados.

#### 4.3.1 PROJETO DO COSTADO

O costado de um tanque é a parte estrutural que está submetida às cargas mais altas. Portanto, um adequado dimensionamento das suas chapas será determinante para que o tanque resista à pressão exercida pelo fluido. O dimensionamento do costado depende, basicamente, do método de cálculo adotado.

Para o dimensionamento das chapas do costado, deve-se seguir um dos dois caminhos propostos, método básico e método do ponto variável, de acordo com as características do projeto.

#### MÉTODO BÁSICO

O método básico é o procedimento de cálculo das espessuras do costado que utiliza um ponto fixo de projeto, localizado a 300 mm acima da extremidade inferior de cada anel. Deve ser realizado conforme as orientações do corpo da ABNT NBR 7821 ou do Item 5.6.3 do API STD 650. Este método pode ser utilizado para o cálculo em tanques com até 60 metros de diâmetro.

## **MÉTODO PONTO VARIÁVEL**

O método utiliza um ponto variável de projeto para cada anel no cálculo do costado, resultando em tensões circunferenciais mais próximas da máxima tensão admissível de projeto do que as tensões resultantes calculadas pelo método básico. É um método iterativo de cálculo, trabalhoso, porém consegue-se uma redução de espessura do costado e do peso total de material, possibilitando a construção de tanques de maiores diâmetros dentro da limitação de máxima espessura de chapa.

## **SOBRESPESSURA PARA CORROSÃO**

Conforme a norma PETROBRAS, N-270, as sobrespessuras de corrosão dos anéis do costado devem ser obtidas em função das taxas anuais de corrosão dadas na Tabela A.2. Deve-se considerar uma vida útil do tanque de no mínimo 20 anos.

Para os tanques de teto fixo, com o costado pintado internamente, deve-se usar sob espessura de corrosão nos anéis do costado igual a 1 mm.

Para fundo e teto não se adota sobrespessura de corrosão. Quando necessária proteção, deve-se usar um sistema adequado de revestimento interno.

### **4.3.2 PROJETO DO TETO**

Os tanques de armazenamento, independentemente do tipo de configuração, devem ser projetados para suportar sua carga morta (peso próprio das chapas do teto e da estrutura de sustentação) mais uma sobrecarga correspondente a uma carga viva.

#### **TETO FIXO CÔNICO AUTOPORTANTE**

Conforme critério adotado pela PETROBRAS, N-270, os tanques de teto fixo cônico com até seis metros de diâmetro devem ser autoportante.

O projeto para este tipo de teto deve estar de acordo com as exigências do API STD 650, descritas no item 5.10.5.

#### **TETO FIXO CÔNICO SUPORTADO**

Os tanques de teto fixo cônico com mais de seis metros devem ter o teto suportado, com estruturas de sustentação em treliça ou colunas. Este tipo de teto deve ser construído conforme o item 5.10.4 do API 650.

#### **TETO FIXO CURVO SUPORTADO**

O projeto do teto fixo curvo autoportante é praticamente semelhante ao projeto do teto fixo cônico autoportante, visto anteriormente. As exigências para o projeto deste teto estão descritas no Item 5.10.6 do API STD 650.

#### **TETO FIXO COM FLUTUANTE INTERNO**

O projeto deste estar de acordo com as exigências do Apêndice C do API STD 650. Este tipo de teto é utilizado para redução das perdas de produto por evaporação.

#### **TETO FLUTUANTE EXTERNO**

O teto flutuante externo e seus diversos acessórios devem ser projetados conforme o API STD 650 Apêndice H e construídos de tal forma a permitir o extravasamento do produto armazenado, sem danificar qualquer componente do equipamento.

A norma da Petrobrás, N-270, faz as seguintes observações:

- Temperatura máxima de armazenamento do produto deve ser inferior à sua temperatura inicial de ebulição na pressão atmosférica do local de armazenamento.
- Todo tanque de teto flutuante externo deve utilizar para vedação um selo PW, padronizado pela Norma PETROBRAS N-1742.

### 4.3.3 PROJETO DO FUNDO

O projeto do fundo do tanque envolve as definições da declividade, disposição das chapas, além das suas dimensões e material.

#### DECLIVIDADE

Conforme adotado na PETROBRAS N-270, os tanques de armazenamento podem apresentar as seguintes configurações:

Fundo Cônico com inclinação do centro para periferia: tipo de fundo padrão para tanques de armazenamento, deve apresentar caimento mínimo de 1:120.

Fundo Plano: Apenas para tanques com até 6 metros de diâmetro.

Fundo Cônico com inclinação da periferia para o centro: indicado para tanques que armazenam gasolina de aviação (GAV), querosene de aviação (QAV) ou biodiesel.

#### DISPOSIÇÃO, MATERIAL E DIMENSÕES DAS CHAPAS

O contorno do fundo de um tanque de armazenamento pode ser realizado adotando-se dois tipos de disposição de chapas: anulares ou recortadas.

A qualidade mínima para o material de todas as chapas do fundo é a especificação em aço-carbono ASTM A 283 Gr C. As chapas devem ser da mesma especificação de material utilizada no primeiro anel do costado e apresentar bordas aparadas e espessura mínima de 6 mm, excluída qualquer sobresspessura de corrosão.

### 4.3.4 FUNDAÇÃO

O código API STD 650 estabelece os requisitos básicos para o projeto e construção de fundações para tanques cilíndricos verticais. Devido à grande variedade de solos, subsolos e condições climáticas, deve ser realizado um estudo geotécnico do solo para cada projeto.

## 4.4 QUARTA ETAPA – SELEÇÃO DOS ACESSÓRIOS

Após a realização da terceira etapa, chega-se à etapa responsável pela seleção dos acessórios e bocais do tanque, estes podem ser divididos em drenos para o fundo, bocais e acessórios do costado e bocais e acessórios do teto. Os acessórios e bocais do tanque estão apresentados na Figura 4.5.

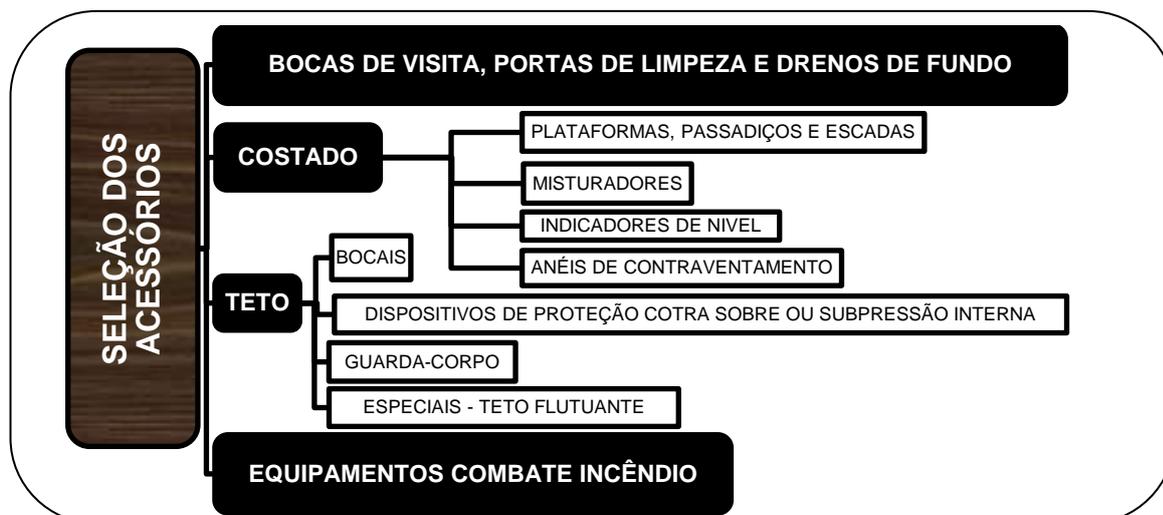


Figura 4.4 – Gráfico esquemático da quarta etapa da metodologia de projeto para tanques de armazenamento de petróleo e seus derivados.

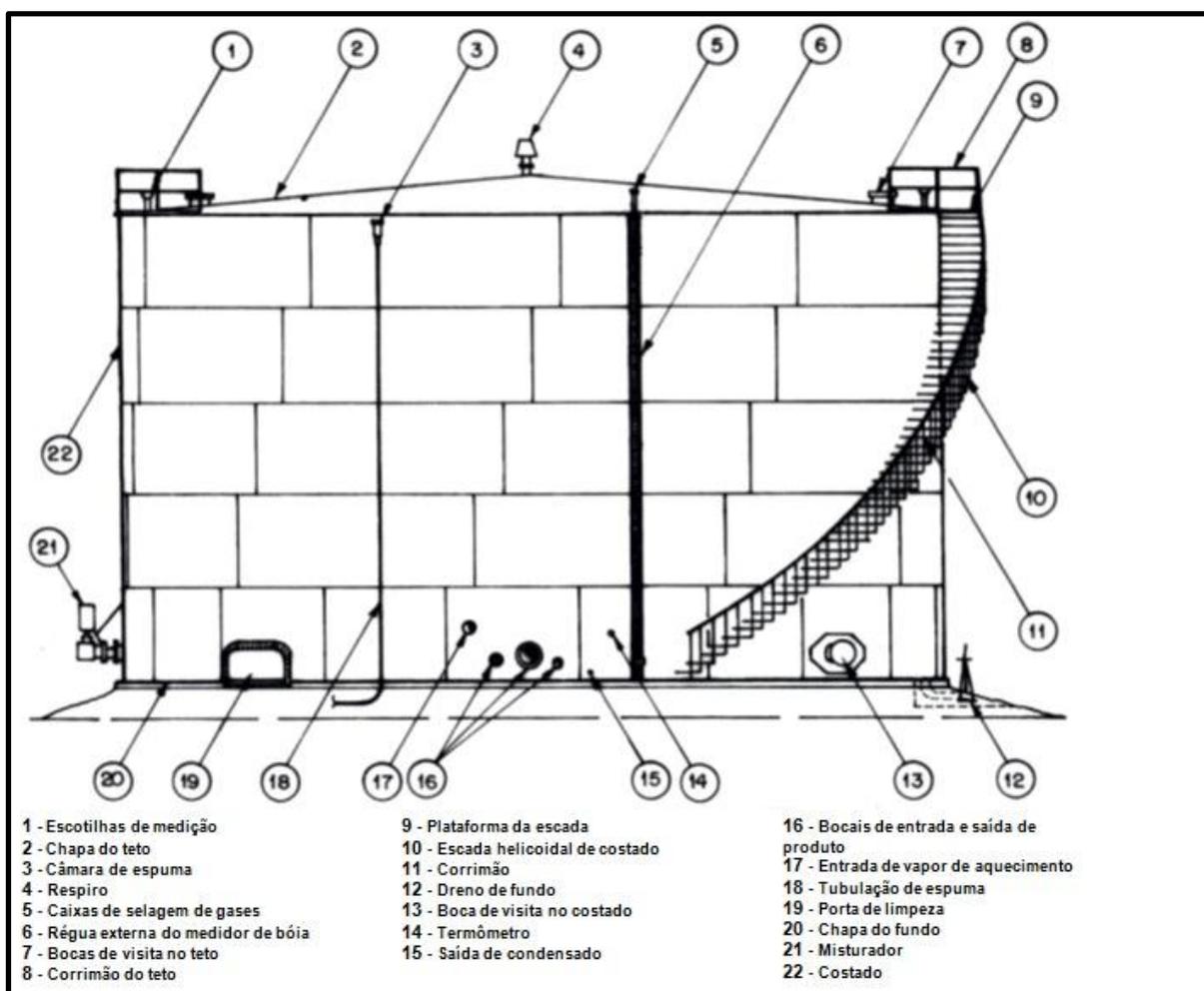


Figura 4.5 – Componentes e acessórios de tanques atmosféricos verticais [ABNT NBR 7821]

#### 4.4.1 BOCAS DE VISITA, PORTAS DE LIMPEZA E DRENOS DE FUNDO

##### BOCAS DE VISITA NO COSTADO

As bocas de visita do costado devem ser igualmente espaçadas e orientadas na direção dos ventos predominantes no local de construção. Nos tanques de teto flutuante, as bocas de visita do costado devem ser do tipo baixo com chapas de reforço dispostas ortogonalmente ao fundo do tanque.

A sobre-espessura para corrosão utilizada no primeiro anel do costado deve ser considerada em todas as partes da boca de visita em contato com o produto.

##### BOCAS DE VISITA NO TETO

Todo tanque de armazenamento deve apresentar pelo menos uma boca de visita no teto com as finalidades de ventilação, iluminação e possibilidade de acessos ao interior do tanque durante os trabalhos de manutenção.

A Norma N-270 especifica que nos tanques de teto flutuante deve haver pelo menos uma boca de visita de 600 mm para acesso a cada compartimento estanque do teto. Para compartimentos com comprimento superior a três metros devem ser instaladas, pelo menos, duas bocas de visita por compartimento.

## **PORTAS DE LIMPEZA**

As portas de limpeza devem ser de construção soldada e do tipo rente ao fundo. Devem-se seguir as seguintes orientações, de acordo com a ABNT NBR 7821:

Quando houver duas ou mais portas de limpeza no costado, duas delas devem ser posicionadas diametralmente opostas e orientadas na direção dos ventos predominantes no local. Havendo somente uma porta de limpeza no costado, deve-se posicionar uma boca de visita diametralmente oposta a ela e ambos os acessórios devem ser orientados na direção dos ventos predominantes no local.

## **DRENOS PARA O FUNDO**

Para o fundo do tanque, tem-se como acessório o sistema de drenagem, dreno sifão ou dreno por baixo. A sua construção deverá ser conforme API STD 650.

As quantidades e os diâmetros das bocas de visita, portas de limpeza e drenos de fundo de um tanque de armazenamento devem estar de acordo com a Tabela A.5, adaptada da PETROBRAS N-270.

### **4.4.2 ACESSÓRIOS E BOCAIS PARA O COSTADO**

No costado de tanques de armazenamento encontram-se bocais com as seguintes finalidades: movimentação de produto, sistema de drenagem, sistema de aquecimento e sistema de combate a incêndio.

## **MISTURADORES**

Os misturadores são importantes equipamentos instalados em tanques atmosféricos com a função de homogeneizar o produto armazenado e evitar a sedimentação de impurezas no fundo do equipamento. Devem ser locados o mais longe possível dos dispositivos de medição de nível.

## **PLATAFORMAS, PASSADIÇOS E ESCADAS**

De acordo com critérios utilizados pela ABNT NBR 7821, esta metodologia adota os descritos a seguir:

Todos os tanques devem ter sua própria escada de acesso ao topo do equipamento, com corrimão e terminando em uma plataforma sobre o costado.

Tanques para óleos lubrificantes e outros produtos não perigosos podem dispensar a escada ao topo do costado quando, em grupo, estiverem interligados por passadiços.

As escadas devem ser de preferência do tipo helicoidal. Para tanques com até seis metros de altura são permitidas escadas verticais do tipo marinheiro, sendo que acima de um metro e meio exige-se guarda-corpo para diminuir o risco de acidentes.

## **ANÉIS DE CONTRAVENTAMENTO**

De acordo com a PETROBRAS N-270, todo tanque de topo aberto (teto flutuante externo) deve possuir um anel de contraventamento, posicionado a um metro do topo da cantoneira de reforço do costado, com o propósito de manter a sua circularidade quando submetido à carga de vento.

## **ATERRAMENTO ELÉTRICO**

Os tanques de armazenamento devem ser aterrados para escoamento das correntes de descarga atmosférica, bem como para evitar elevações de potencial que possam causar centelhamento para a terra.

### 4.4.3 ACESSÓRIOS E BOCAIS PARA O TETO

#### BOCAIS

Os bocais são utilizados para conexão dos acessórios do teto.

#### DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CONTRA A SOBRE OU SUBPRESSÃO INTERNA

O tipo de dispositivo a ser utilizado depende da forma do teto, conforme critérios adotados pela ABNT NBR 7821, descritos a seguir:

Tanques de teto fixo:

- respiro aberto: utilizado quando o produto armazenado tiver ponto de fulgor igual ou superior a 37,8 °C;
- válvula de pressão e vácuo: dispositivo de funcionamento conjugado, a pressão e vácuo, utilizado quando o produto tiver ponto de fulgor inferior a 37,8 °C;
- dispositivo de emergência: utilizado quando da impossibilidade da ligação entre teto e cantoneira de topo do costado ser considerada de baixa resistência mecânica.

Tanques de teto flutuante:

- respiro automático: permite a saída do ar ou gás, acumulados sob o teto. O quebra vácuo fecha automaticamente assim que o teto começa a flutuar;
- dispositivo de alívio de pressão: evita possíveis danos ao teto causados por pressão de gás.

#### ESCOTILHA DE MEDIÇÃO

As escotilhas de medição devem ter um pescoço de um metro de altura acima da chapa do teto. Sob todas as escotilhas de medição, junto ao fundo do tanque e o mais baixo possível, deve ser usada uma mesa de medição nivelada para servir de referencial fixo na medição do volume estocado.

#### GUARDA-CORPO

A plataforma de topo do costado deve apresentar um guarda-corpo, com pelo menos um metro de altura, em todos os seus lados livres.

Nos tanques de teto fixo, o guarda-corpo deve ser soldado no costado e se estender, na periferia do teto, pelo menos três metros de cada lado da plataforma.

Deve haver um guarda corpo de pelo menos 3 metros de comprimento junto aos acessórios do teto e do topo do costado.

A norma N-270, da Petrobras, exige a utilização de um guarda-corpo completo, em toda a periferia do teto, para os tanques de teto fixo com diâmetro igual ou inferior a 10 metros, declividade do teto maior que 1:16 ou interligado por passadiços.

#### DRENOS DO TETO FLUTUANTE EXTERNO

O sistema de drenagem deve ser composto dos seguintes componentes:

- drenos primários: do tipo articulado ou do tipo flexível;
- drenos de emergência: do tipo aberto ou sifonado;
- drenos auxiliares: usados na construção e montagem ou durante a manutenção do tanque quando o teto estiver apoiado.

#### ESCADA DO TETO FLUTUANTE EXTERNO

O teto flutuante deve ser provido de uma escada de acesso, com corrimãos de ambos os lados, articulada na plataforma de topo do costado e rolante sobre trilhos fixos no teto flutuante. A Norma da Petrobrás, N-270, indica os seguintes valores dimensionais: largura útil

de 600 mm altura dos corrimãos intermediários de 650 mm altura dos corrimãos superiores de 1100 mm.

### SELO DO TETO FLUTUANTE

O sistema de selagem de um teto flutuante pode ser metálico, com contrapeso ou com mola ou não metálico, com bolsão de ar, líquido ou espuma.

### GUIA ANTIRROTACIONAL DO TETO FLUTUANTE

É um dispositivo utilizado para manter o teto flutuante centrado e evitar sua rotação em relação ao costado. Deve haver um único dispositivo, qualquer que seja o tipo e diâmetro do teto flutuante, capaz de suportar as cargas laterais impostas pela escada de acesso ao teto, a ação do vento etc.

#### 4.4.4 EQUIPAMENTOS PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO

São obrigatórios sistemas de espuma para proteção de todas as áreas onde seja possível o derrame ou vazamento de líquidos combustíveis ou inflamáveis.

Para os tanques de teto fixo ou de teto fixo com flutuante interno a proteção deve ser por meio de câmaras de espuma, instaladas no costado do equipamento.

Para os tanques de teto flutuante externo a proteção deve ser realizada por aplicadores de espuma localizados em chapas de extensão do costado, lançando a espuma na região do sistema de selagem do teto envolvida por um anel de contenção de espuma.

Os tanques com produtos armazenados à temperatura igual ou superior a 100 °C não podem possuir sistema fixo de aplicação de espuma.

#### 4.5 QUINTA ETAPA – ACABAMENTO

A quinta e última etapa da metodologia proposta, Figura 4.6, é composta pelos serviços de pintura, proteção catódica, aterramento, isolamento térmico e aquecimento, quando aplicáveis.

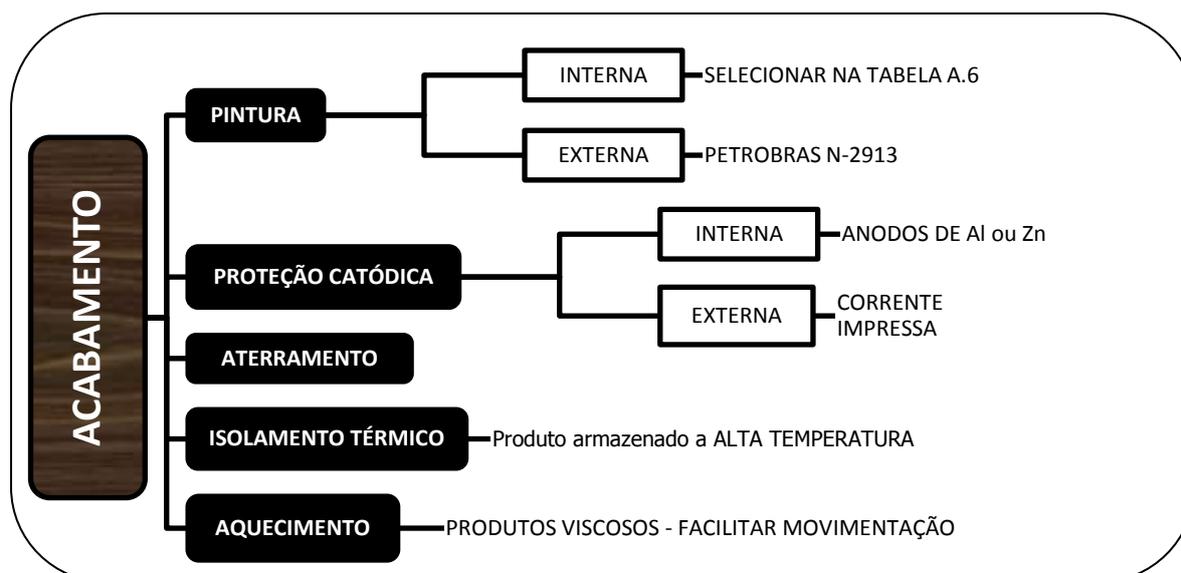


Figura 4.6 – Gráfico esquemático da quinta etapa da metodologia de projeto para tanques de armazenamento de petróleo e seus derivados.

#### **4.5.1 PINTURA**

De acordo com a PETROBRAS N-271, a pintura do tanque deve ser realizada após o teste hidrostático. A pintura de um tanque de armazenamento abrange, além da aplicação da tinta, as operações de inspeção visual, limpeza, tratamento da superfície, aplicação da tinta de fundo, aplicação da tinta de acabamento e controle da continuidade de película.

##### **PINTURA INTERNA**

A pintura interna deve ser realizada de acordo com a Tabela A.6, levando-se em consideração o tipo de tanque e o produto armazenado. [PETROBRAS N-2913]

Para tanques de teto fixo, quando pintados internamente, deve-se pintar a estrutura de sustentação antes da colocação das chapas do teto. A área central de cada chapa deve ser pintada antes da montagem, sendo as bordas pintadas após soldagem.

Em tanques de teto flutuante, deve-se retirar o selo PW antes da pintura do teto.

##### **PINTURA EXTERNA**

A pintura externa deve estar em conformidade com a norma da Petrobrás, N-2913, pois esta norma apresenta diversas orientações a serem adotadas.

Estes procedimentos foram estabelecidos levando-se em conta a redução das perdas por evaporação, os ambientes corrosivos, as temperaturas que o tanque esteja sujeito e se possui ou não isolamento térmico.

#### **4.5.2 PROTEÇÃO CATÓDICA**

Um tanque de armazenamento pode ser protegido catodicamente, desde que o fluido, ao qual esteja em contato, seja condutor. Esta proteção normalmente é aplicada interna e externamente ao fundo do equipamento.

##### **PROTEÇÃO CATÓDICA INTERNA**

A proteção catódica galvânica deve ser feita com anodos de zinco ou alumínio, posicionados no fundo do tanque.

##### **PROTEÇÃO CATÓDICA EXTERNA**

A proteção externa do tanque deve ser feita por corrente impressa, este tipo de proteção mostra-se necessária, visto que, apenas os tanques montados sobre bases de concreto elevadas e com excelente impermeabilização, entre a base e a chaparia do fundo, podem ser considerados isentos de corrosão externamente ao fundo.

#### **4.5.3 ATERRAMENTO**

Os tanques de armazenamento devem ser aterrados para escoamento das correntes de descarga atmosférica, bem como para evitar elevações de potencial que possam causar centelhamento para a terra. O dispositivo físico de aterramento deve estar de acordo com a norma da Petrobrás, N-300.

#### **4.5.4 SISTEMA DE AQUECIMENTO**

Este acessório deve ser utilizado em tanques que armazenam produtos de elevada viscosidade, tais como, petróleo bruto, asfalto e óleo combustível. O aquecimento visa facilitar a movimentação e pode ser realizado através de serpentinas ou de aquecedores.

#### 4.5.5 ISOLAMENTO TÉRMICO A ALTA TEMPERATURA

Deve ser utilizado quando a temperatura de operação do tanque for maior que a média das máximas temperaturas ambientais nos dois meses mais quentes do ano. Os dois tipos de isolantes térmicos, rígidos e flexíveis, devem ser empregados das seguintes formas:

- **Isolante Térmico Flexível:** para o costado de tanques em regiões sujeitas a fortes ventos, alto índice pluviométrico ou temperatura de operação igual ou superior a 100 °C;
- **Isolante Térmico Rígido:** Teto do tanque, em todos os casos.
- **Flexível ou Rígido:** para o costado de tanques que não se enquadram nas condições citadas para uso de material flexível.

As condições exigíveis para o isolamento térmico de tanques de armazenamento operando a alta temperatura encontram-se nas normas da Petrobrás, N-550, projeto de isolamento térmico a alta temperatura.

### 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de verificar a aplicação prática da metodologia proposta, fez-se um estudo de caso com o objetivo de selecionar o tipo de tanque e projeto mais adequados para determinado produto e volume. Neste estudo, simula-se a demanda externa de um cliente que deseja a construção deste tanque em local específico de 800 m<sup>2</sup> com volume de armazenamento de 1300 m<sup>3</sup> de óleo combustível. A partir destes dados de entrada a metodologia foi aplicada, realizando cada etapa proposta, conforme resultados apresentados no APÊNDICE A.

Verificou-se que com o uso da metodologia pode-se estabelecer um sequenciamento lógico para a seleção e projeto do tanque. Isto facilitou a tomada de decisão, constituindo como uma boa ferramenta para direcionar e facilitar o projeto de tanques atmosféricos de armazenamento de petróleo e seus derivados.

### 6 CONCLUSÕES

Este trabalho propôs uma metodologia para orientar e facilitar projetos de tanques atmosféricos verticais de armazenamento de petróleo e seus derivados. O desenvolvimento deste trabalho mostrou-se muito oportuno, visto que, não é possível projetar grandes estruturas num ambiente livre de restrições e regras. Com o conhecimento e melhor entendimento da importância das normas técnicas, pode-se compreender a sua função, assim como o valor de utilizá-las para orientar trabalhos e projetos nas mais diversas áreas técnicas.

A idéia de utilizar uma ferramenta para desenvolvimento de projeto de tanques é permitir desenvolver de maneira lógica as etapas necessárias para a sua execução. Assim, tal metodologia é um material que pode ser utilizado como base teórica futuramente, seja para o entendimento das etapas ou no próprio desenvolvimento do projeto de tanques atmosféricos para armazenamento de petróleo e seus derivados.

### 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 7821 - **Tanques soldados para armazenamento de petróleo e derivados.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, abr.1983.

ABNT NBR 17505 - **Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis – Parte 1: Disposições gerais e – Parte 2: Armazenamento em tanque e vaso.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, jul.2006.

API STD 650 - **Welded tanks for oil storage**. 11 ed., Washington: American Petroleum Institute, June 2007. Add. 1, Nov. 2008. Add.2, Nov.2009

Cruz, F. O. “**Aspectos de análise e concepção para reservatórios de betão armado**”. 2009. 141f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de Aveiro, Portugal, 2009.

Lindenberg, A. “**Área de tancagem**”. Salvador: SENAI, 2008.

Martins, D. O. “**Estudo do controle de emissões de compostos orgânicos voláteis em tanques de armazenamento de produtos químicos**”. 179f. Dissertação (Mestrado em Engenharia ambiental) - Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2004.

PETROBRAS N-270 - **Projeto de tanque de armazenamento atmosférico**. Rio de Janeiro: Petrobras Engenharia Nortec, dez. 2010.

PETROBRAS N-271 - **Montagem de tanques de armazenamento**. Rio de Janeiro: Petrobras Engenharia Nortec, jul. 2010.

PETROBRAS N-300 - **Detalhes de aterramento empregando-se conectores mecânicos**. Rio de Janeiro: Petrobras Engenharia Nortec, jan. 2011.

PETROBRAS N-550 - **Projeto de isolamento térmico a alta temperatura**. Rio de Janeiro: Petrobras Engenharia Nortec, dez. 2008.

PETROBRAS N-1742 - **Tanque de Teto Flutuante - Selo PW**. Rio de Janeiro: Petrobras Engenharia Nortec, dez. 2010.

PETROBRAS N-1822 - **Tratamento de superfície de base de tanques**. Rio de Janeiro: Petrobras Engenharia Nortec, set. 1999.

PETROBRAS N-1888 - **Fabricação de tanque atmosférico**. Rio de Janeiro: Petrobras Engenharia Nortec, dez. 2011.

PETROBRAS N-2913 - **Revestimentos anticorrosivos para tanque, esfera, cilindro de armazenamento e vaso de pressão**. Rio de Janeiro: Petrobras Engenharia Nortec, set. 2010.

Shigley, J.E; Mishke, C.R.; “**Projeto de Engenharia Mecânica**”, Bookman, 7ª edição, 2005.

## **APÊNDICE A – Aplicação da metodologia proposta em um caso prático.**

Para a validação da metodologia de projeto proposta, fez-se sua aplicação em um caso prático. Foi considerada a seguinte análise: a construção de um tanque atmosférico para armazenar óleo combustível, com capacidade volumétrica de 1300 m<sup>3</sup>, a ser construído em uma área disponível de 800 m<sup>2</sup>.

### **Primeira Etapa – Necessidade Do Cliente**

Na primeira etapa, devem ser definidos os dados primários e secundários.

#### Dados Primários:

- Capacidade Volumétrica: 1300 m<sup>3</sup>.
- Produto Armazenado: Óleo Combustível;
- Temperatura de Operação: Ambiente;
- Local de Instalação: Área de 800 m<sup>2</sup>.

#### Dados Secundários

- Definir Diâmetro e Altura: Tanque médio →  $D \approx H \rightarrow 12$  metros
- Normas Técnicas: ABNT NBR 7821, PETROBRAS N-270 e API STD 650.

### **Segunda Etapa – Seleção do Tipo de Tanque**

Na segunda etapa, deve ser determinado o tipo de tanque. Esta escolha deve ser realizada de acordo com o produto a ser armazenado, conforme a Tabela A.1. Em seguida são definidos os aspectos construtivos.

#### Seleção do Tanque:

- Tipo de Tanque: Tabela A.1 → Óleo combustível → Teto Fixo
- Tipo de Estrutura: Tanque com mais de 6 metros de diâmetro → Teto Suportado;
- Formato do Teto: Teto Cônico → Prática recomendada [PETROBRAS N-270]

### **Terceira Etapa – Dimensionamento**

A terceira etapa destina-se aos projetos das principais partes que compõem o tanque. Conforme já exposto anteriormente, esta etapa da metodologia não contempla a execução dos cálculos, e sim indica quais os métodos de cálculo devem ser utilizados de acordo com o tipo de tanque selecionado, de acordo com as normas técnicas.

#### Projeto Do Costado:

- Método de Cálculo: Diâmetro do tanque < 60 m → Método Básico → item 5.6.3 do API STD 650.
- Sobresspessura para Corrosão: Tanque teto fixo → 1 mm de sobresspessura.

#### Projeto Do Teto

- Teto fixo cônico suportado → seguir as instruções do item 5.10.4 do API STD 650.

#### Projeto do Fundo

- Declividade: Caso não-especial → Fundo Cônico com inclinação do centro para periferia.
- Disposição, Materiais E Disposição Das Chapas: o material de todas as chapas do fundo em aço carbono com especificação ASTM A 283 Gr C. Chapas Recortadas, com espessura de 6,3 mm. As chapas da periferia devem exceder à margem da solda externa que une o fundo ao costado em 25 mm.

#### **Quarta Etapa – Seleção de Acessórios e Bocais**

Na quarta etapa, devem ser selecionados os acessórios e bocais. As quantidades e os diâmetros das bocas de visita, portas de limpeza e drenos de fundo de um tanque de armazenamento devem estar de acordo com a Tabela A.5, da PETROBRAS N-270.

Diâmetro do tanque = 12 metros → Tabela A.5 → Quantidade e Dimensões

- Bocas de Visita
  - Costado: (01) de 600 mm.
  - Teto: (02) de 600 mm.
- Portas de Limpeza: (01) de 900 x 1200 mm.
- Drenos de Fundo: (02) de 150 mm.

#### Acessórios e bocais para o Costado:

- Misturadores: Instalar o mais longe possível dos medidores de nível.
- Escada: Diâmetro tanque > 6 metros → Escada helicoidal
- Aterramento: Realizar o aterramento elétrico do tanque

#### Acessórios e bocais para o Teto:

- Bocais: utilizados para conexão dos acessórios do teto.
- Dispositivos de Proteção contra sobre e subpressão: Tanque Teto Fixo → Óleo Combustível (ponto fulgor superior 37,8 °C) → Respiro aberto.
- Escotilhas de Medição: possuir um pescoço de um metro de altura acima da chapa do teto
- Guarda-corpo: Tanque teto fixo → Guarda-corpo soldado no costado.

#### Equipamento de proteção contra incêndio:

- Tanque teto fixo → Câmaras de espuma instaladas no costado.

#### **Quinta Etapa – Acabamento**

Nesta etapa são determinados os tipos de pintura, proteção catódica e aterramento. Para a situação proposta não é necessário o uso de isolante térmico.

#### Pintura:

- Interna: Óleo combustível → PETROBRAS N-2913 → O revestimento deve abranger todo o fundo e teto do tanque. O costado deve ser revestido com 2 faixas circunferenciais de 1 m de altura. As colunas de sustentação do tanque devem ser revestidas 1 m de altura a partir do fundo e teto.
- Externa: Seguir orientações da PETROBRAS N-2913.

#### Proteção Catódica:

- Interna: Proteção catódica galvânica com anodos;
- Externa: Proteção por corrente imposta.

#### Aterramento:

- Realizar proteção com equipamento em conformidade com a PETROBRAS N-300.

#### Sistema de Aquecimento:

- Óleo combustível → alta viscosidade → Deve possuir sistema de aquecimento para facilitar a movimentação do produto.

#### Isolamento Térmico:

- Armazenamento temperatura ambiente → Não se aplica isolamento térmico.

### ANEXO A – Tabelas práticas utilizadas pela metodologia

Tabela A.1 – Recomendações de tipos de tanques de armazenamento [PETROBRAS N-270]

Tipo de tanque	Produto armazenado
Tanques de teto fixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nafta Pesada</li> <li>- Querosene</li> <li>- Óleo Diesel</li> <li>- Resíduo De Vácuo</li> <li>- Óleo Combustível</li> <li>- Óleo Lubrificante</li> <li>- Asfalto e Cimento Asfáltico</li> <li>- Lastro De Navio</li> </ul>
Tanques de teto flutuante interno	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produtos Leves da faixa da Gasolina</li> <li>- Nafta Leve</li> <li>- Gasolina de Aviação (GAV)</li> <li>- Petróleo Crú</li> <li>- Biodiesel</li> <li>- Querosene de Aviação (QAV)</li> <li>- Álcool Etilico Hidratado</li> <li>- Metanol</li> <li>- Óleo Diesel Classe I e II</li> </ul>
Tanques de teto flutuante	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produtos Leves da faixa da Gasolina</li> <li>- Nafta Leve</li> <li>- Álcool Etilico Hidratado</li> <li>- Metanol</li> <li>- Óleo Diesel Classe I e II</li> </ul>

Tabela A.2 – Taxas anuais de corrosão, em milímetros, do aço carbono. [PETROBRAS N-270]

Produto	1° anel	2° anel	3° anel	4° anel	5° anel	6° anel
Petróleo (teto fixo)	0,10	0,10	0,14	0,14	0,12	0,12
Petróleo (teto flutuante)	0,10	0,10	0,06	0,06	0,06	0,06
Gasolina	0,30	0,30	0,30	0,25	0,25	0,25
Querosene	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Nafta pesada	0,02	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05
Nafta leve	0,30	0,30	0,30	0,25	0,25	0,25
Óleo diesel	0,10	0,10	0,06	0,04	0,04	0,04
Gasóleo	0,10	0,10	0,10	0,10	0,08	0,08
Óleo combustível	0,02	0,02	0,10	0,06	0,05	0,05
Asfalto	0,02	0,02	0,02	0,10	0,10	0,10
Asfalto diluído	0,02	0,10	0,06	0,06	0,04	0,04
Álcool etílico	0	0	0	0	0	0
Metanol	0	0	0	0	0	0

Tabela A.3 - Espessura nominal mínima para chapas do costado [ABNT NBR 7821:83]

Diâmetro nominal do tanque (m)	Espessura nominal mínima (mm)
$D < 15$	4,5
$15 \leq D < 35$	6,3
$35 \leq D \leq 60$	8,0
$60 < D$	9,0

Tabela A.4 – Exigências para chapas do fundo. [Adaptado PETROBRAS N-270]

CHAPAS RECORTADAS	CHAPAS ANULARES
Permissível para $D \leq 15m$ Largura mínima = 1800 mm Espessura mínima = 6,3 mm	Obrigatório para $D > 15m$ Recomendável para $D \leq 15m$ Largura mínima = 750 mm Espessura mínima = 6,3 mm

Tabela A.5 - Quantidade de bocas de visita, Portas de Limpeza e Drenos de fundo dos tanques [PETROBRAS N-270].

Diâmetro do tanque (m)	BOCAS DE VISITA						PORTAS DE LIMPEZA	
	Costado		Teto Fixo		Teto Flutuante			
	Qt.	Dimensão (mm)	Qt.	Dimensão (mm)	Qt.	Dimensão (mm)	Qt.	Dimensão (mm)
$D < 10$	1	600	1	600	1	900	1	600 X 600
$10 < D < 18$	1	600	2	600	2	900	1	900 X 1200
$18 < D < 27$	2	600	2	600	2	900	1	1200 X 1200
$27 < D < 43$	4	600	2	600	4	900	2	1200 X 1200
$43 < D < 55$	5	600	3	600	5	900	2	1200 X 1200
$55 < D < 90$	6	600	4	600	6	900	3	1200 X 1200
DRENOS DE FUNDO								
Diâmetro do tanque (m)	Produtos claros				Demais Produtos			
	Qt.	Dimensão (mm)		Qt.	Dimensão (mm)			
$D < 10$	1	75		1	150			
$10 < D < 18$	2	75		2	150			
$18 < D < 27$	3	75		3	150			
$27 < D < 43$	4	75		4	150			
$43 < D < 55$	5	75		5	150			
$55 < D < 90$	6	75		6	150			

Tabela A.6 – Especificações dos Revestimentos [PETROBRAS N-2913]

Condição	Produto Armazenado	Região a ser pintada	Revestimento
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gasolina</li> <li>- Óleo Diesel</li> <li>- QVA</li> <li>- Naftas</li> <li>- Hexano</li> <li>- Biodiesel</li> <li>- Etanol</li> <li>- Lastro</li> </ul>	O revestimento deve abranger toda a superfície interna.	PETROBRAS N-2913 (Tipo II)
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gasóleo</li> <li>- Óleo Combustível</li> <li>- Óleo Lubrificante</li> </ul>	O revestimento deve abranger todo o fundo e o teto do tanque. O costado deve ser revestido com duas faixas circunferenciais de 1 m de altura, uma a partir do fundo e outra a partir do teto. As colunas de sustentação do tanque devem ser revestidas 1 m de altura a partir do fundo e 1 m a partir do teto.	PETROBRAS N-2913 (Tipo II)
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Petróleo</li> </ul>	Fundo e teto, costado e colunas de sustentação devem ser revestidos com duas faixas circunferenciais de 1 m de altura, uma a partir do fundo e outra a partir do teto.	PETROBRAS N-2913 (Tipo II)
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Petróleo com água em formação</li> </ul>	Fundo e teto, costado e colunas de sustentação devem ser revestidos com duas faixas circunferenciais de 1 m de altura, uma a partir do fundo e outra a partir do teto.	PETROBRAS N-2913 (Tipo III)