

## Limitações de operação de tanques de armazenamento

### 1. Introdução

Os tanques utilizados para armazenamento de produtos líquidos diversos, desde água, petróleo e seus derivados, produtos químicos, em geral, podem ser dos tipos de topo aberto (sem teto ou de teto flutuante) e de topo fechado (teto fixo)..

As limitações aqui informadas são aplicáveis aos tanques de armazenamento de teto fixo, autoportante ou suportado por estrutura metálica.

Em tanques de topo aberto, com teto flutuante, a limitação é por conta da pressão de vapor do produto líquido, igual ou menor a 11,1 psig (76 kPa) (0,78 kgf/cm<sup>2</sup> man), na temperatura máxima de armazenamento, pois acima deste valor, há risco de desestabilizar e ocorrer o adernamento do teto, pelo vapor acumulado sob o teto flutuante.

Nota:

A pressão máxima de vapor, ou simplesmente pressão de vapor, é a pressão exercida pelo vapor quando ele está em equilíbrio com a fase líquida em uma temperatura constante.

### 2. Definições

#### • Tanque de armazenamento

Tanques de armazenamento são equipamentos de caldeiraria próprios para conter líquidos orgânicos e não orgânicos, encontrados em muitas indústrias como: produção e refino de petróleo, produtos químicos e petroquímicos, bem como outras indústrias que consomem ou produzem líquidos e vapores.

A maioria desses tanques é projetada e construída de acordo com as normas e os códigos do API-American Petroleum Institute (Instituto Americano de Petróleo).

Esses tanques são de portes diferentes, em diâmetros, variando de 2 a mais de 100 m, e alturas normalmente limitadas até 15 a 20 m, e instalados dentro de uma bacia de contenção, cercada por diques, para conter derramamentos em caso de ruptura do tanque.

#### • Tanque atmosférico

Tanque atmosférico é um tanque cilíndrico vertical, de teto fixo ou teto flutuante, projetado para operar com pressão interna, aproximadamente, atmosférica, medida no topo do tanque, utilizado para armazenamento de produtos líquidos combustíveis e inflamáveis.

#### • Tanque de baixa pressão interna

Tanque de baixa pressão é um tanque cilíndrico vertical, de teto fixo, projetado para operar com pressão manométrica interna, superior à atmosférica, mas limitada até 17,2 kPa (2,5 psig), medida no topo do tanque, utilizado para armazenamento de produtos líquidos, que necessitam de inertização ou em tanques integrados em circuitos de recuperação e reaproveitamento dos vapores emitidos.

#### • Tanque sob vácuo ou de pressão externa

É o tanque que opera com pressão negativa ou vácuo, isto é, inferior à atmosférica, normalmente possível de ocorrer em situações emergenciais.

#### • Tanque pressurizado

Tanque com pressão interna manométrica até 103 kPa (15 psig), medida no topo do tanque, utilizado para armazenamento de GLN-Gás Liquefeito Natural, Amônia e outros produtos criogênicos.

### 3. Coletânea de informações sobre condições limites de operação de tanques de armazenamento

As seguintes normas ou códigos relacionam informações sobre as limitações operacionais de pressão interna, vácuo e temperatura, de tanques de armazenamento.

#### 3.1. API Std 650, *Welded Tanks for Oil Storage*

Esta norma apresenta diretrizes para tanques de armazenamento de petróleo, produtos petrolíferos e outros produtos líquidos químicos, água tratada, biocombustível etc.

A Norma é aplicável a tanques de teto fixo e de teto flutuante externo ou interno: Anexo Annex C *External Floating Roofs* e Anexo Annex H *Internal Floating Roofs*, que operam à pressão atmosférica.

São requisitos mínimos para especificação de material, projeto, fabricação, inspeção e montagem, para tanques de armazenamento soldados verticais, cilíndricos, acima do solo, de

topo fechado ou aberto, em vários tamanhos e capacidades, construídos em aço carbono, aço inoxidável austenítico ou duplex e alumínio, em que o fundo inteiro é apoiado uniformemente em base sobre o solo.

Aplicável para pressões internas que se aproximam da pressão atmosférica (pressões internas não excedendo o peso das chapas do teto), mas é permitida uma pressão interna mais elevada, não superior a 17,2 kPa (2 1/2 lbf/in<sup>2</sup>), quando são cumpridos requisitos adicionais previstos no Anexo Annex F *Design of Tanks for Small Internal Pressures*.

Nota:

Nos tanques de teto fixo, do tipo suportado por estrutura metálica interna, convencionalmente, as chapas do teto são de aço Carbono e de espessura 4,8 mm (3/16 pol), de peso próprio 37,35 kgf/m<sup>2</sup> (0,00375 kgf/cm<sup>2</sup>), sendo, pois, este valor (0,00375 kgf/cm<sup>2</sup>) (0,055 psig) a pressão interna limite de tanque atmosférico de teto fixo suportado.

Já nos tanques de teto fixo, do tipo autoportante, geralmente, as chapas do teto são de espessuras maiores, e a pressão interna limite, que corresponde ao peso próprio dessas chapas, é superior.

O vácuo interno ou pressão externa admissível é 0,25 kPa (1 pol. de água), porém, para tanques sujeitos a vácuo interno superior, de até 6,9 kPa (1,0 psi), inferior à atmosférica, consultar o Anexo Annex V *Design of Storage Tanks for External Pressure*.

Esta norma se aplica a tanques em serviço não refrigerado, que tenham uma temperatura máxima de 93°C (200°F) ou até 260°C (500°F), quando atendem ao especificado no Anexo Annex M *Requirements for Tanks Operating at Elevated Temperatures*.

Em resumo, a **Norma API Std 650** apresenta diretrizes para projeto e construção de tanques de armazenamento com as seguintes características:

- Tanque cilíndrico vertical de topo fechado (teto fixo) ou topo aberto (teto flutuante);
- Fundo apoiado uniformemente sobre base no solo;
- Fabricação soldada em aço carbono, aço inoxidável austenítico ou duplex, alumínio;
- Montagem em fábrica (Anexo Annex J *Shop-Assembled Storage Tanks*) ou em campo;
- Qualquer diâmetro e altura;
- Temperatura de -40°C (-40°F) até 260°C (500°F), conforme o Anexo Annex M *Requirements for Tanks Operating at Elevated Temperatures*;
- Pressão interna máxima de 17,2 kPa (0,18 kgf/cm<sup>2</sup>) (2,5 psig), conforme Anexo Annex F *Design of Tanks for Small Internal Pressures*;
- Vácuo interno ou pressão externa admissível de 0,25 kPa (1 pol. de água), para vácuo superior, de até 6,9 kPa (1,0 psi), inferior à atmosférica, consultar o Anexo Annex V *Design of Storage Tanks for External Pressure*;
- Utilização em parques de tancagem de refinarias, terminais, estações de oleodutos e outras instalações, para armazenamento de petróleo e derivados, produtos químicos, água e biocombustível, dentre outros.

### **3.2. API Std 620 Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks**

Esta norma abrange o projeto e a construção de tanques de armazenamento pressurizados, de diâmetros acima de 90 m (300 ft), de fundo plano, montados em campo, acima do solo sobre uma base plana ou elevada, para conter produtos derivados de petróleo (líquidos, gases ou vapores) e produtos acabados, bem como outros produtos líquidos, comumente manuseados e armazenados pelas indústrias.

Esta norma cobre tanques construídos, de aço carbono, aço inoxidável austenítico e ligas de níquel (próprios para tanques criogênicos), soldados, corpo cilíndrico ou de qualquer configuração em que haja um único eixo vertical de revolução, de topo fechado.

Os tanques abrangidos por esta norma são projetados para temperaturas de metal na faixa de -168°C (-270°F) e não superiores a 120°C (250°F), com pressão no espaço de gás ou vapor não superior a 1,05 kgf/cm<sup>2</sup> (15 psig).

Os tanques cilíndricos verticais podem ser submetidos a um vácuo parcial no espaço de gás ou vapor não superior a 1 oz/in<sup>2</sup> (0.0044 kgf/cm<sup>2</sup>) (0.0625 psi).

O Anexo Annex R *Low-Pressure Storage Tanks for Refrigerated Products* cobre tanques de armazenamento de produtos refrigerados em temperaturas de +4°C (+40°F) a -51°C (-60°F). E o Anexo Annex Q *Low-Pressure Storage Tanks for Liquefied Hydrocarbon Gases* cobre tanques de armazenamento de gases de hidrocarbonetos liquefeitos em temperaturas não inferiores a -168°C (-270°F).

Em resumo, a **Norma API STD 620** apresenta diretrizes para projeto e construção de tanques de armazenamento com as seguintes características:

- Corpo cilíndrico ou de qualquer configuração que tenha um único eixo de revolução vertical centralizado e de topo fechado;
- Fundo plano acima do solo, sobre uma base plana ou elevada;
- Fabricação soldada em aço carbono, aço inoxidável austenítico e ligas de níquel (para tanques criogênicos);
- Montagem de campo;
- Diâmetros acima de 90 m (300 ft);
- Pressão máxima de 103 kPa, (1,05 kgf/cm<sup>2</sup>) (15 psig);
- Tanque cilíndrico vertical pode ser submetido a um vácuo no espaço de gás ou vapor não superior a 1 oz/in<sup>2</sup>;
- Temperatura de 120°C (250°F) a -168°C (-270°F), se conforme o Anexo Annex Q *Low-Pressure Storage Tanks for Liquefied Hydrocarbon Gases*;
- Utilização para armazenamento de GNL-Gás Natural Liquefeito, Amônia e outros produtos criogênicos .

### **3.3. ABNT NBR 7821 - Tanques Soldados para Armazenamento de Petróleo e Derivados**

É a norma editada em 1983, que sucedeu a norma ABNT NB 89 de 1978, provavelmente desatualizada, pois, não foi mais revisada.

Esta Norma tem por objetivo estabelecer 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.

Esta Norma abrange apenas os tanques sujeitos a uma pressão próxima da atmosférica, permitindo-se que a válvula de respiro do tanque, quando existente, esteja regulada para uma pressão manométrica máxima de 0,0035 kgf/cm<sup>2</sup>, e para um vácuo máximo de 0,0038 kgf/cm<sup>2</sup>, ambos os valores medidos no topo do tanque.

O Anexo F estabelece os requisitos adicionais a que devem atender os tanques de teto fixo dimensionados para pequenas pressões internas, acima de 0,0035 kgf/cm<sup>2</sup>.

Esta Norma abrange apenas tanques cujos produtos armazenados estão em temperaturas compreendidas entre os seguintes limites:

- Temperatura mínima: -6°C;
- Temperatura máxima: + 200°C.

### **3.4. NFPA 30 Flammable and Combustible Liquids Code**

É um código com diretrizes contra Incêndios, para armazenamento e transferência de Líquidos Inflamáveis e Combustíveis, publicado pela NFPA-National Fire Protection Association, com salvaguardas para reduzir os perigos associados ao armazenamento, manuseio e uso de líquidos inflamáveis e combustíveis.

Nessa Norma há seguintes definições:

- Tanque Atmosférico é um tanque de armazenamento que foi projetado para operar sob pressões de atmosférica (760 mm Hg) até uma pressão manométrica de 6,9 kPa (1,0 psig) (812 mm Hg), medida no topo do tanque.
- Tanque atmosférico projetado e construído de acordo com o Anexo F Annex F *Design of*

*Tanks for Small Internal Pressures* da Norma API Std 650 *Welded Steel Tanks for Oil Storage* pode operar em pressões manométricas até de 6,9 kPa (1,0 psig), medida no topo de tanque. Todos os outros tanques devem ser limitado à operação desde atmosférica até uma pressão manométrica de 3,5 kPa (0,5 psig).

- Tanque pressurizado é um tanque de armazenamento projetado para suportar uma pressão interna acima de uma pressão manométrica de 6,9 kPa (1,0 psig) mas não superior a 103,4 kPa (15 psig ou 1 bar) medido no topo do tanque.

### **3.5. ABNT NBR 17505 Armazenamento de Líquidos Inflamáveis e Combustíveis**

É a norma brasileira que estabelece os requisitos exigíveis para os projetos de instalações de armazenamento, manuseio e uso de líquidos inflamáveis e combustíveis, incluindo os resíduos líquidos, armazenados em tanques estacionários ou em recipientes.

A Norma ABNT NBR 17.505 é composta de 7 partes a saber:

ABNT NBR 17505-1 - Armazenagem em tanques estacionários

ABNT NBR 17505-2 - Armazenamento em tanques, em vasos e em recipientes portáteis com capacidade superior a 3 000 L

ABNT NBR 17505-3:- Sistemas de tubulações

ABNT NBR 17505-4:- Armazenamento em recipientes e em tanques portáteis

ABNT NBR 17505-5:- Operações

ABNT NBR 17505-6:- Requisitos para instalações e equipamentos elétricos

ABNT NBR 17505-7:- Proteção contra incêndio para parques de armazenamento com tanques estacionários

A norma ABNT NBR 7505-1 Armazenagem de líquidos inflamáveis e combustíveis Parte 1 apresenta as seguintes definições.

- Tanque atmosférico: Tanque vertical projetado para operar com pressão manométrica interna, desde a pressão atmosférica até 6,9 kPa (1 psig) medida no topo do tanque.
- Tanque pressurizado: Tanque vertical projetado para operar com pressão manométrica interna, superior a 6,9 kPa (1 psig) até 103,4 kPa (15 psig), medida no topo do tanque.

### **3.6. Petrobras N 270 Projeto de Tanque de Armazenamento Atmosférico**

A pressão interna deve ser aproximadamente igual à atmosférica no topo do tanque.

Admite-se uma pequena pressão manométrica interna de até 17,2 kPa (2,5 psig), superior à atmosférica, para tanque projetado conforme a API Std 650 Annex F *Design of Tanks for Small Internal Pressures*, e de até 6,9 kPa (1,0 psi), inferior à atmosférica, para tanque projetado conforme a API Std 650 Annex V *Design of Storage Tanks for External Pressure*.

## **4. Condições operacionais, temperatura, pressão interna e vácuo, limites de tanques de armazenamento**

Das normas listadas, as, especificamente, empregadas para projeto e construção de tanques de armazenamento, são as Normas API Std 650 e API Std 620.

API Std 650 *Welded Tanks for Oil Storage*

API Std 620 *Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks*

Elas apresentam diretrizes para especificação de materiais, projeto, fabricação, inspeção e montagem, para tanques de armazenamento soldados, sendo as, normalmente, empregadas para a construção de tanques de armazenamento, utilizadas em refinarias de petróleo, petroquímicas, fabricas de produtos químicos, farmacêuticos e alimentícios.

A partir dessas normas, estão resumidas as seguintes condições limites, de pressão interna, vácuo e temperatura, para os tanques de armazenamento de teto fixo.

<b>Normas de projeto e construção</b>	<b>Limites de pressão interna, vácuo e temperatura de tanque de teto fixo</b>
<b>Tanque atmosférico</b> <b>API Std 650</b> <b>Welded Tanks for Oil Storage</b>	Pressão interna igual à pressão atmosférica, não excedendo o peso próprio das chapa do teto, isto é, o valor de (0,00375 kgf/cm <sup>2</sup> ) (0,055 psig) em tanque atmosférico de teto fixo suportado. Vácuo ou pressão externa de 0,25 kPa (1 pol. de água). Temperatura de -40°C (-40°F) a 260°C (500°F) , conforme Anexo Annex M <i>Requirements for Tanks Operating at Elevated Temperatures</i> .
<b>Tanque atmosférico de baixa pressão</b> <b>API Std 650</b> <b>Welded Tanks for Oil Storage</b>	Pressão interna não superior a 17,2 kPa (2 ½ lbf/in <sup>2</sup> ), quando são cumpridos os requisitos adicionais previstos no Anexo Annex F <i>Design of Tanks for Small Internal Pressures</i> . Para tanques sujeitos a vácuo interno de até 6,9 kPa (1,0 psi), consultar o Anexo Annex V <i>Design of Storage Tanks for External Pressure</i> . Temperatura de -40°C (-40°F) até 260°C (500°F), conforme Anexo Annex M <i>Requirements for Tanks Operating at Elevated Temperatures</i> .
<b>Tanque pressurizado</b> <b>API Std 620</b> <b>Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks</b>	Pressões internas em seus espaços de gás ou vapor não superiores a 15 lbf/in <sup>2</sup> manométrica. Tanques cilíndricos verticais podem ser submetidos a um vácuo parcial no espaço de gás ou vapor não superior a 1 oz/in <sup>2</sup> (onça por polegada quadrada).. Temperaturas de 120°C (250°F) até -168°C (-270°F). conforme Anexo Annex Q <i>Low-Pressure Storage Tanks for Liquefied Hydrocarbon Gases</i> .

**Resumo das condições operacionais limites de pressão interna, vácuo e temperatura de tanques de armazenamento de teto fixo**

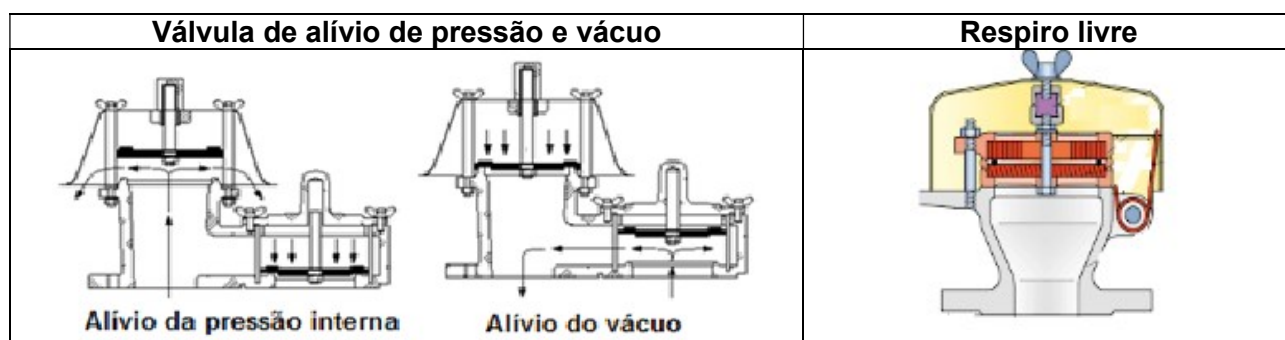
## ANEXOS

### 1. Proteção contra a sobrepressão e vácuo

Para garantia de proteção do tanque de armazenamento, contra o aumento de pressão interna ou do vácuo, são empregados os dispositivos, Válvulas de Alívio de Pressão e Vácuo e Respiros Livres, a depender do ponto de fulgor do produto líquido armazenado.

#### Nota:

Ponto de fulgor ou *flash point* de um líquido é a menor temperatura em que um líquido evapora o suficiente para formar uma mistura de ar + vapor inflamável, próxima à superfície do líquido. Os líquidos com ponto de fulgor mais alto são menos inflamáveis ou perigosos do que os líquidos com ponto de fulgor mais baixo..



<b>Resumo das condições para emprego de Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo e Respiro Aberto ou Livre conforme Norma API Std 2000 <i>Venting Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks</i></b>	
<b>Ponto de Fulgor (°C) do líquido armazenado</b>	<b>Dispositivo de Proteção do Tanque de Teto Fixo</b>
≤ 60°C (140°F)	<u>Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo + Corta Chama fim-de-linha</u> certificado para deflagração atmosférica e combustão contínua (“end-of-line deflagration flame arrester and endurance burning”).
> 60°C (140°F)	Para tanque com espaço de vapor inflamável: <u>Respiro Aberto + Corta chama fim-de-linha</u> certificado para deflagração atmosférica e combustão contínua (“end-of-line deflagration flame arrester and endurance burning”). Para tanque sem espaço de vapor inflamável: <u>Respiro Aberto sem corta chama.</u>
Quando o produto é aquecido à temperatura igual ou acima do ponto de fulgor.	<u>Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo + Corta Chama fim-de-linha</u> certificado para deflagração atmosférica e combustão contínua (“end-of-line deflagration flame arrester and endurance burning”).
Quando o tanque for de projeto Anexo F, da Norma API Std 650.	<u>Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo + Corta Chama fim-de-linha</u> certificado para deflagração atmosférica e combustão contínua (“end-of-line deflagration flame arrester and endurance burning”).
Para tanque com Sistema de Recuperação de Vapores emitidos do tanque	<u>Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo + Corta Chama meio-de-linha</u> certificado para detonação instável e combustão de curta duração (“in-line instable detonation flame arrester and short burning”).
Condição de Emergência (“emergency venting”) Para tanque em que a ligação teto-costado é “não frágil”	<u>Tampa calibrada de emergência</u> A proteção contra emergência indicada para tanque atmosférico de teto fixo é, preferencialmente, a ligação frágil entre o teto e o costado, que deve romper antes de qualquer solda ou componente do tanque, para o alívio do excesso de pressão. Quando o tanque é construído com “ligação frágil” não é necessário dispositivo adicional de emergência, porém quando a ligação teto-costado não é frágil é necessária a instalação de tampas de emergência.
Produtos ultra viscosos	<u>Respiro livre sem corta chama</u> Em tanques contendo líquido ultra viscoso, como asfalto, o risco de colapso do tanque, resultado de aderência (“sticking”) das paletas da Válvula de Pressão e Vácuo ou de obstrução da colmeia do corta chama, por condensação e polimerização de vapores, é maior que a possibilidade de transmissão de chama para dentro do tanque.

## **2. Ponto de fulgor *flash point* de produtos líquidos**

A Norma NFPA 30 *Flammable and Combustible Liquids Code* define que o termo “líquido inflamável” se aplica tanto ao fluido inflamável como ao fluido combustível.

Testes de incêndio em escala real demonstram que líquidos combustíveis podem gerar incêndios de intensidade similar aos líquidos inflamáveis.

A Norma NFPA 30 apresenta a seguinte classificação, para o potencial de um líquido produzir vapores inflamáveis, Classes IA, IB, IC, II, IIIA e IIIB, que está vinculada ao ponto de fulgor e ao ponto de ebulição dos fluidos.

### Nota:

Ponto de Fulgor é a temperatura mais baixa na qual vapores emitidos por um líquido são suficientes para formar uma mistura inflamável com ar atmosférico.

Ponto de Ebulição é a temperatura na qual ocorre a ebulição de um líquido, isto é, a temperatura em que a pressão exercida pelo ar sobre um líquido é igualada pela pressão exercida pelo vapor do líquido, nesta condição, a adição de calor resulta na transformação do líquido em vapor sem aumentar a temperatura.



O ponto de ebulição de um líquido depende da temperatura, da pressão atmosférica e da pressão de vapor do líquido.

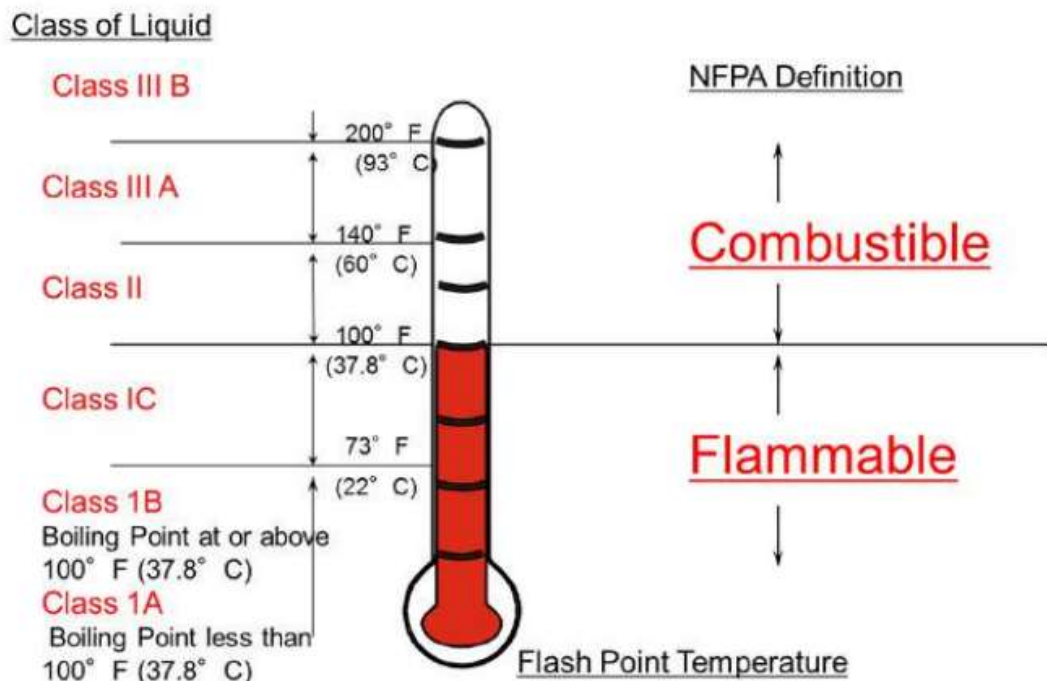
O termo “líquido inflamável” é definido como um líquido de Classe I e um “líquido combustível” é definido como um líquido de Classe II ou III.

### Classificação de líquidos conforme a Norma NFPA 30

Qualquer líquido dentro do escopo desta norma é classificado como líquido inflamável ou líquido combustível de acordo como o seguinte.

<b>Líquido inflamável</b>	Qualquer líquido que tenha ponto de fulgor abaixo de 37,8°C (100°F).é classificado como Classe I.
Líquido Classe I	Líquido que tenha um ponto de fulgor abaixo de 37,8°C (100°F).e uma pressão de vapor Reid não superior a 40 psia (2.068,6 mm Hg) em 37,8°C (100°F).
Líquidos Classe IA	Líquido que tenha ponto de fulgor abaixo de 22,8°C (73°F) e ponto de ebulição abaixo de 37,8°C (100°F).
Líquidos Classe IB	Líquido que tenha ponto de fulgor abaixo de 22,8°C (73°F) e ponto de ebulição igual ou superior a 37,8°C (100°F).
Líquidos Classe IC	Líquido que tenha ponto de fulgor igual ou superior a 22,8°C (73°F), mas abaixo de 37,8°C (100°F).
<b>Líquido Combustível</b>	Qualquer líquido que tenha ponto de fulgor igual ou superior a 37,8°C (100°F) é classificado como Classe II ou Classe III
Líquido de Classe II	Líquido que tenha ponto de fulgor igual ou superior a 37,8°C (100°F) e inferior a 60°C (140°F).
Classe IIIA	Líquido que tenha ponto de fulgor igual ou superior a 60°C (140°F) e inferior a 93°C (200°F).
Classe IIIB	Líquido que tenha ponto de fulgor igual ou superior a 93°C (200°F).

### NFPA® 30 Flammable & Combustible Liquid Classification by Flash Point



Fonte: NFPA 30 Flammable and Combustible Liquids - Production Facility Compliance  
[https://www.insafetyconf.com/wp-content/uploads/2020/02/1F\\_Carter-compressed.pdf](https://www.insafetyconf.com/wp-content/uploads/2020/02/1F_Carter-compressed.pdf)