

Universidade de Brasília

Instituto de Química



Descrição e Projeto de Sistemas Flare em Plantas Químicas.

Projeto de Engenharia Química 2

Prof. José Joaquin Linares Leon

Gustavo Santana de Souza - 170035212

Brasília – DF

2022

Agradecimentos

À minha esposa, pela força e apoio em todos os momentos e em especial, nesse, de muito esforço e trabalho.

À minha mãe que esteve orando por mim todo esse tempo e que torce pelo meu sucesso e o da minha família.

Ao professor Jose Joaquin, que disponibilizou os materiais necessários e as instruções para esse trabalho.

Ao professor Gesley Alex, o qual fez mais do que precisava fazer ao me ajudar no trâmite da minha antecipação.

Ao professor Floriano Pastore que foi meu orientador do estágio e me auxiliou nessa trajetória.

À todos os docentes que embasaram o conhecimento adquirido por mim na Universidade.

À Universidade de Brasília que me deu suporte para continuar estudando.

“Minha luta diária é para ser reconhecida como sujeito, impor minha existência numa sociedade que insiste em negá-la”. - Djamilia Ribeiro

Resumo:

Em qualquer ramo da indústria - seja ela alimentícia, química ou mesmo petrolífera - um dos principais fatores de preocupação é com a segurança dos processos envolvidos. Falhas em um sistema de prevenção de riscos podem causar sérios prejuízos econômicos, tanto ligados à perda de produção, risco à vida dos trabalhadores, danos à imagem da empresa, entre outros.

Quanto mais complexos são os processos envolvidos, maior o cuidado com a segurança. Diante disso, é necessário uma análise de riscos precisa por parte das organizações para evitar acidentes, partindo da segurança inerente, seguindo pelo emprego das técnicas de controle nos processos e utilizando-se da instalação de sistemas de alívio/tochas para episódios que envolvam pressões excessivas.

Palavras-chave: segurança; sistemas de alívio; tochas.

Abstract:

In any branch of industry - be it food, chemical or even oil - one of the main factors of concern is with the safety of the processes involved. Failures in a risk prevention system can cause serious economic losses, both linked to loss of production, risk to worker's lives, damage to the company's image, among others.

The more complex the processes involved, the greater the care with security. Therefore, it is necessary a precise risk analysis by organizations to avoid accidents, starting from the inherent safety, following the use of control techniques in the processes and using the installation of relief systems/flares for episodes that involve excessive pressures.

Keywords: safety; relief systems; flares.

Lista de figuras:

Figura 1 –	Flares em refinaria. Fonte: https://engenharia-quimica.blogspot.com/2014/06/sobre-as-flares-sua-funcao-e-o-seu.html .	8
Figura 2 –	Flare chama aberta. Fonte: https://www.brasprocess.com.br/tochas-abertas .	9
Figura 3 –	Flare chama enclausurada. Fonte: https://www.brasprocess.com.br/flares-chama-enclausurada .	10
Figura 4 –	Flare Multiponto. Fonte: http://www.gba.com/ogf-open-ground-flares/ .	10
Figura 5 –	Flare multiponto com tulipa móvel. Fonte: https://www.ndt.net/article/panndt2011/papers/84_Marinho%20Ferreira.pdf .	11
Figura 6 –	Partes de um Flare. Fonte: https://whatispiping.com/flare-system/ .	11
Figura 7 –	Esquema de um vaso knockout vertical. Fonte: http://www.gvtechnology.cn/en/mproshow.asp?id=201&big=13&small=0 .	13
Figura 8 –	Esquema de um vaso knockout horizontal. Fonte: https://www.indiamart.com/proddetail/horizontal-knock-out-drum-21017297733.html .	13
Figura 9 –	Esquema de um selo corta-chama líquido. Fonte: Souza, Leôncio de Almeida. Sistema de alívio e tocha. Apostila Petrobrás.	14
Figura 10 –	Sistema de Ignição e Piloto. Fonte: Apostila Sistema de Tocha (flare).	15
Figura 11 –	Fluxograma básico de um Sistema de Flare. Fonte: KRCONTROL, 2012.	16
Figura 12 –	Navio petroleiro adaptado - Foto André Motta/Petrobrás.	18

Lista de abreviaturas, siglas e símbolos:

PCV: Pressure Control Valve

PSV: Pressure Safety Valve

BDV: Blow Down Valve

Btu: Unidade Térmica Britânica

Lb: Unidade de massa no sistema inglês

Hr: Unidade de tempo, em horas.

Ft: Unidade de medida de comprimento, em pés

FGRU: Flare Gas Recovery Unit

Sumário

1. Introdução:	8
2. Apresentação:	9
2.1 Tipos de Flares:	9
2.1.1 Ponto Único:	9
2.1.1.1 Chama Aberta:	9
2.1.1.2 Chama Enclausurada:	10
2.1.2 Multiponto:	10
2.1.2.1 Multiponto Estagiado:	10
2.1.2.2 Multiponto com tulipa:	11
2.2 Partes de um Flare:	11
2.2.1 Flare Header:	12
2.2.2 Vaso Knockout:	12
2.2.3 Selo corta-chama:	13
2.2.4 Sistema de ignição e Piloto:	13
3. Projetando um Flare:	15
4. Os Flares e o Meio Ambiente:	17
5. Conclusão:	19
6. Referências:	20

1. Introdução:

Em se tratando de segurança nos processos industriais, cada segmento da indústria apresenta suas particularidades e seus riscos próprios, mas, no geral, foca-se na prevenção tanto de incidentes, quanto de acidentes associados aos processos produtivos.

Pensando em mecanismos de segurança, podemos citar os sistemas de alívio de pressão (reliefs) que trabalham em conjunto com o sistema de flares (tocha). As válvulas de segurança e alívio atuam em processos nos quais a pressão máxima de operação foi ultrapassada.

Esses sistemas de alívio de pressão são necessários para evitar acidentes ocasionados pelas altas pressões, evitar perdas de material químico e também evitar danos aos equipamentos. Elas são utilizadas como último recurso de segurança em uma linha de produção ^[1]. Em uma indústria petrolífera, os processos são complexos e o risco de vazamento de gás e até mesmo do próprio petróleo são ameaças constantes ^[2] e caso não sejam controlados da maneira correta, podem gerar graves danos aos trabalhadores envolvidos, ao equipamento e também ao Meio Ambiente.

O sucesso do projeto vai depender do dispositivo/válvula de alívio utilizada e do tipo de fluido a ser descarregado.



Figura 1: Flares em refinaria.

2. Apresentação:

Flares são dispositivos de segurança, em forma de tubos, que separam líquidos e gases e são utilizados para queima desses últimos em episódios de altas ou baixas pressões em equipamentos, pois esses gases não poderiam ser enviados diretamente para a atmosfera ^[3].

A queima desses gases faz parte do sistema de controle de processo e dos sistemas de alívio de pressão e trabalha por meio de válvulas (PCV, PSV e BDV).

Eles lidam com uma variedade de composições de gases residuais, dependendo do tipo de planta. As substâncias liberadas no sistema de queima podem ser, geralmente, hidrocarbonetos, ou uma mistura de constituintes que podem variar de hidrogênio a hidrocarbonetos pesados. Esses gases podem conter vapores nocivos e potencialmente tóxicos que devem ser totalmente queimados para evitar danos ao meio ambiente e à saúde humana ^[4].

2.1 Tipos de Flares:

Não há consenso a respeito dos tipos de Flares existentes, vários autores e fabricantes tem nomes diferentes para cada tipo, os mais recorrentes são:

2.1.1 Ponto Único:

2.1.1.1 Chama Aberta:

O Flare de chama aberta, geralmente tem torre elevada, precisa de controle dos gases, pois esses são jogados diretamente na atmosfera ^[5].



Figura 2: Flare chama aberta.

2.1.1.2 Chama Enclausurada:

Esse Flare é formado por uma câmara de oxidação, termicamente isolada, bicos queimadores, controle da temperatura, pressão e vazão [6].



Figura 3: Flare chama enclausurada

2.1.2 Multiponto:

2.1.2.1 Multiponto Estagiado:

Ele é formado por vários pontos de queima, chamados estágios, é utilizado para alcançar uma melhor queima, com direcionamento do gás, ele permite controlar o calor, operar com baixo nível de ruído, manter a chama não visível [7].



Figura 4: Flare Multiponto.

2.1.2.2 Multiponto com tulipa:

Esse tipo de flare contém uma “tulipa” na ponta de cada queimador sustentados por uma mola calibrada. O formato de tulipa faz com que o gás percorra toda a curva de sua superfície, formando o chamado efeito coanda, e por isso ele não produz fumaça [8].



Figura 5: Flare multiponto com tulipa móvel.

2.2 Partes de um Flare:

Embora cada sistema de Flare seja único e apresente componentes que os diferencia, alguns componentes são básicos em todas as plantas.

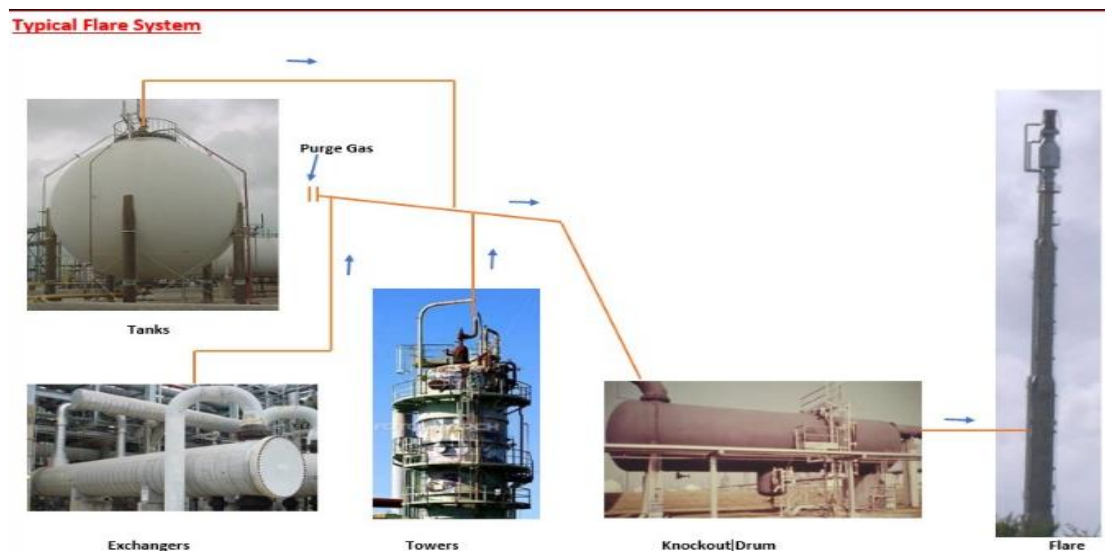


Figura 6: Partes de um Flare

2.2.1 Flare Header:

A tubulação que coleta os fluidos é chamada de flare header. Essa tubulação direciona os gases aliviados no processo para a queima na tocha. Ele é constituído de vasos, fornos, caldeiras, tanques, tubulações, válvulas, bombas, turbinas e compressores; operam com hidrocarbonetos inflamáveis e condições explosivas e assim é constituída de vários sistemas de segurança, nos quais o flare está incluso [9].

O flare header se inicia no ponto de coleta dos gases aliviados pelas PCVs, PSVs e BDVs e termina no flare.

Ao longo do flare header, podem estar localizados equipamentos do sistema de alívio e tocha, tais como vaso knockout e selo corta-chama, entre outros.

2.2.2 Vaso Knockout:

O vaso knockout, é o dispositivo que tem a função de remover o líquido contido no gás que vai ser queimado no flare. Ele é importante, pois minimiza a possibilidade de queima de líquido e geração de fumaça no flare, o efeito chamado “smokeless”.

Ao passar pelo interior do vaso knockout, o gás sofre expansão e redução de velocidade, ao ocupar o volume interno do vaso. Isso somado com o tempo de sua retenção no interior do vaso (também chamado de tempo de residência) e o efeito da gravidade sobre as gotículas de líquido fazem com o que ocorra a precipitação dessas gotículas, que se acumulam na parte inferior do vaso e são retiradas pelo fundo.

Dois tipos de vasos são utilizados, dependendo de cada tipo de processo. Um deles são os vasos verticais, que são destinados para sistemas de alívio de menores vazões. O outro vaso é chamado de horizontal, que, por sua vez, tem um maior tempo de residência e assim possibilita que mais gotículas de líquido se dispersem do gás por gravidade [9].

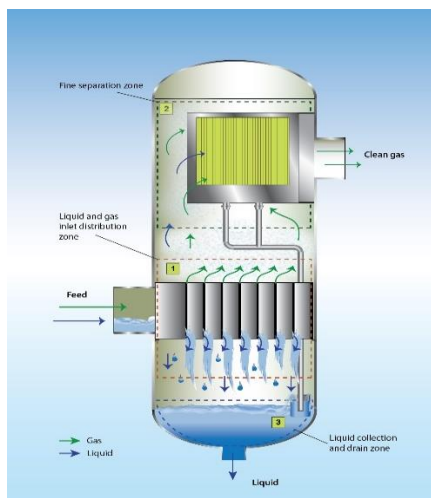


Figura 7: Esquema de um vaso knockout vertical.

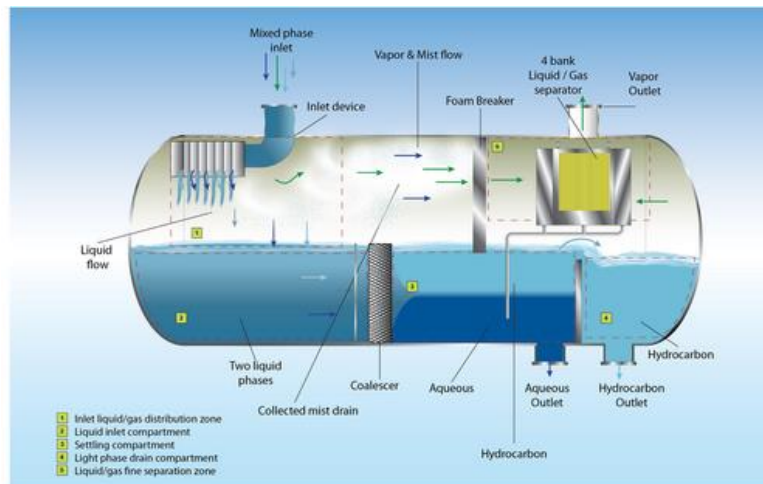


Figura 8: Esquema de um vaso knockout horizontal.

2.2.3 Selo corta-chama:

Esse dispositivo tem como finalidade o impedimento do retorno de chama gerada na ponteira do flare (efeito denominado “flashback”) e é instalado entre o vaso knockout e a tocha. Dentre os vários tipos desse equipamento, os selos líquidos se destacam. Estes utilizam líquidos para impedir a volta do fogo [10].

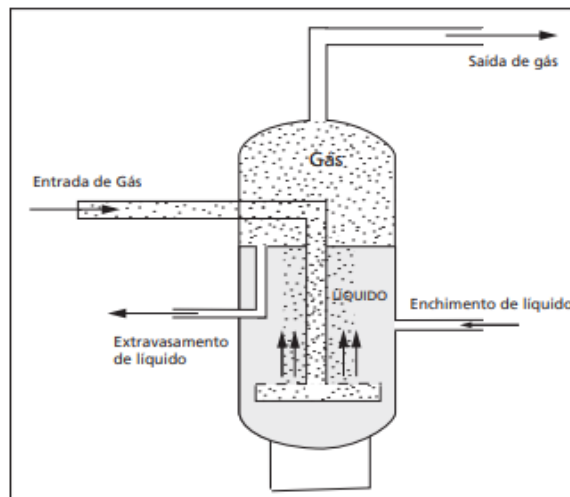


Figura 9: Esquema de um selo corta-chama líquido.

2.2.4 Sistema de ignição e Piloto:

São de 2 tipos: Eletroeletrônico - uma vela de ignição que emite faísca - e FFG – mais conhecido como bola fogo. O sistema funciona como uma câmara de combustão que mistura ar e gás combustível para promover a ignição, que é promovida por um sistema elétrico

levando a chama até o Piloto, que é uma chama acesa de forma permanente e fica localizado na cabeça da tocha. O Piloto necessita de um sistema de monitoramento para verificar se a chama continua acesa, pode ser usado o termopar, sensor ótico de infravermelho, sensor acústico, entre outros. Abaixo, uma ilustração básica do sistema:

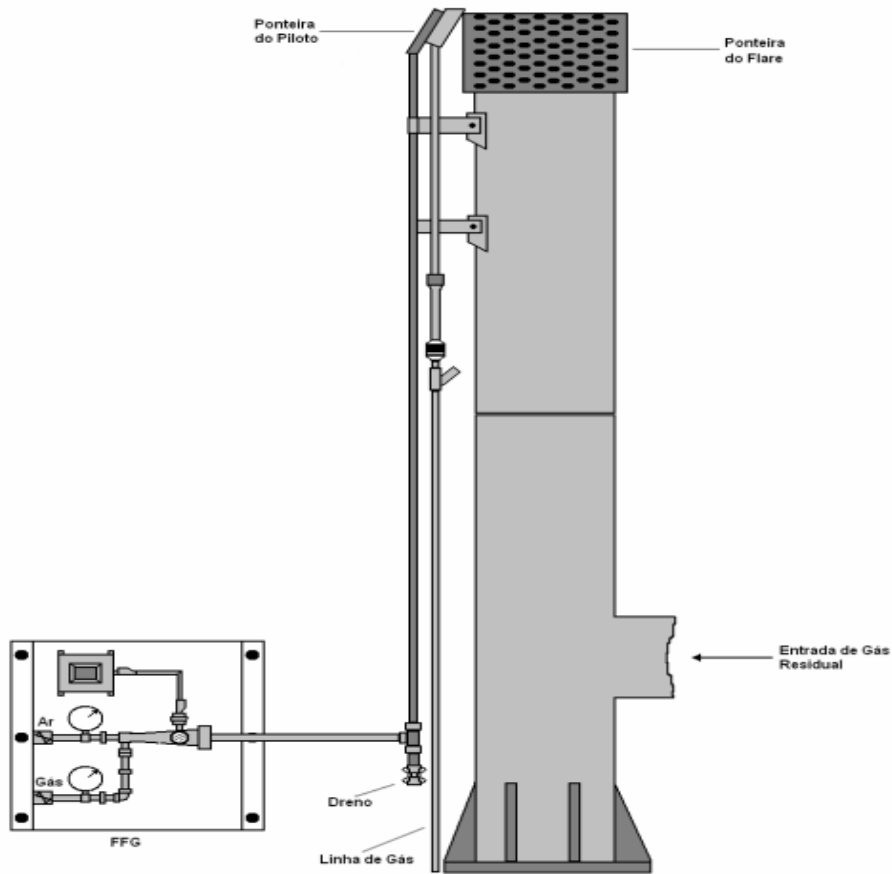


Figura 10: Sistema de Ignição e Piloto

3. Projetando um Flare:

Há uma série de fatores que devem ser considerados antes da instalação de um sistema de flare para não gerar um sistema subdimensionado e nem superprojetado.

O fluxo nominal total de um sistema com válvulas de alívio operadas por mola leva em conta o funcionamento dessa válvula que, dado um certo nível de sinal (pressão por exemplo), estas são acionadas e passam de totalmente fechadas para totalmente abertas. Com isso, naquele momento, a descarga da válvula é a capacidade total do dispositivo para o flare.

Outro ponto a ser considerado são as diversas entradas para o flare header. A possibilidade de todas as alimentações serem acionadas em uma única vez é baixa e assim o projeto pode ficar superprojetado caso não haja atenção quanto a isso.

Abaixo há um diagrama para demonstrar a complexidade de um sistema de flare.

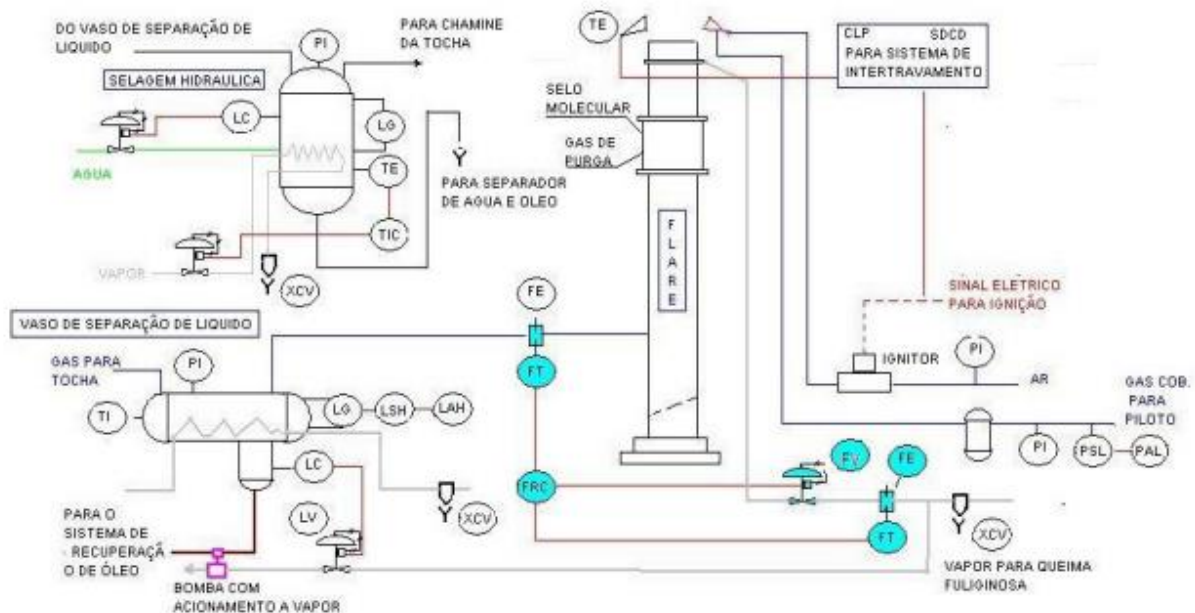


Figura 11– Fluxograma básico de um Sistema de Flare (KRCONTROL, 2012).

Para a modelagem básica da altura de um flare, inicia-se usando conceitos da radiação. A intensidade de calor (q) em um ponto específico depende do calor gerado pela chama (Q_f), da emissividade (ϵ) e da distância da chama (R). Essa relação pode ser expressa da seguinte forma:

$$q = \frac{\epsilon Q_f}{4\pi R^2}$$

Para modificação dessa equação, a fim de obter a altura do flare (H_f) [11] - considerando: d_f o diâmetro da pilha do flare; q_f a intensidade de calor na qual se pretende queimar a uma distância X_f da base do flare; um combustível de peso molecular M e taxa de vapor Q_m -

utiliza-se as seguintes aproximações:

-A altura da chama é considerada igual a 120d;

-A emissividade é aproximadamente $0,048\sqrt{M}$;

- O valor de aquecimento igual a 20.000 Btu/lb;

Dessa forma, a equação modificada que fornece a altura do flare é reduzida em:

$$H_f = -60d_f + 0,5 \sqrt{\frac{4\pi q_f X_f^2 - 960Q_m\sqrt{M}}{\pi q_f}}$$

As unidades da equação acima são:

- d_f em *ft*;

- q_f em *Btu/hr/ft²*;

- X_f em *ft*;

- Q_m em *lb/hr* e;

- H_f em *ft*

Esta é uma maneira aproximada de estima a altura de um flare. Porém, existem softwares que calculam e projetam os flares, baseando-se nas diversas entrada de dados, utilizando grandes matrizes. Uma etapa complicada é a modelagem do equilíbrio vapor-líquido em cada ponto do sistema, pois existem vários componentes que precisam ser considerados no cálculo. De maneira simplificada, o tempo para resolver esses tipos de sistemas é proporcional ao número de componentes químicos ao quadrado ^[12].

4. Os Flares e o Meio Ambiente:

Dentre as áreas que utilizam o sistema de alívio com tochas, na indústria petrolífera, uma das principais é a refinaria de petróleo. Algumas situações necessitam do acionamento desses sistemas nesses lugares que são: excesso de pressão no equipamento (válvulas safety relief), anomalias na operação/produção, etapas de arranque e paragem da produção, excesso de gás em alguma operação de um equipamento. No geral, os flares são utilizados para queimar o gás combustível ou tóxico e produzir produtos de combustão menos tóxicos e não combustíveis [13]. Além disso também se utiliza as tochas nos FSPOs (unidades flutuantes de produção, armazenagem e transferência de petróleo) como na figura abaixo:



Figura 12: Navio petroleiro adaptado - Foto André Motta/Petrobrás

Em tempos de desenvolvimento sustentável e leis ambientais cada vez mais rigorosas, muito se tem discutido a respeito da queima de gases nas refinarias de petróleo. O que mais se discute é o fato de que essa queima libera CO_2 na atmosfera, Gás de Efeito Estufa (GEE), o que contribuiria para as mudanças climáticas, mas também se pondera que essa queima é preferível à liberação do CH_4 diretamente no ar [14]. A mesma questão é levantada em flares utilizados na queima do biogás, que transformam o metano em dióxido de carbono, principalmente em aterros sanitários [15].

A Resolução da ANP 806/2020 “regulamenta os procedimentos para controle da queima e perda de petróleo e de gás natural”. Ela lista os percentuais máximos de queima e perda de

gás associado de acordo com o Índice de Utilização de Gás Associado (IUGA) e apresenta os casos em que podem ocorrer queimas extraordinárias ^[16].

A preocupação com as mudanças climáticas e Meio Ambiente fez com que fosse criada a OCGI (Oil and Gas Climate Initiative), que é uma iniciativa das indústrias do Petróleo - hoje conta com 12 participantes no mundo todo – com o objetivo de reduzir as emissões de CO₂ e CH₄ a nível zero e buscando alcançar a “Zero Routine Flaring by 2030” do Banco Mundial ^[17].

Um exemplo de desenvolvimento na busca para a diminuição das emissões de dióxido de carbono foi a entrada em operação, em algumas plataformas da Petrobrás, de um sistema de recuperação de gases de flare (FGRU), que faz com que esses gases retornem ao processo produtivo, evitando a sua queima e posterior descarga na atmosfera ^[18].

5. Conclusão:

Os flares são equipamentos de segurança muito importantes nas indústrias, principalmente nas petrolíferas. Sua estrutura contém diversos dispositivos que visam o melhor controle desse sistema de alívio, fornecendo proteção para o processo produtivo como um todo.

O projeto de um flare precisa ser estudado individualmente, levando em consideração as particularidades de cada planta, pois cada mudança de um sistema para outro pode ocasionar um dimensionamento completamente diferente. Para o melhor desenvolvimento desse conjunto, são utilizados “softwares” sofisticados que elaboram inúmeros cálculos para obter um resultado condizente com a realidade. Apesar dos métodos computacionais, existem alguns métodos para cálculo da altura de um flare, no qual utiliza de várias aproximações para esse feito.

A questão ambiental também é importante para o projeto, pois a combustão mal planejada gera maiores emissões de GEE, sendo essa uma demanda bastante atual, uma vez que foram criadas iniciativas, que visam o desenvolvimento sustentável da indústria, a qual necessita se adaptar e buscar o seu crescimento sem prejudicar o planeta.

6. Referências:

- [1] Goulart, Adriana Karla. Dimensionamento de Válvulas de Segurança e Alívio de Pressão atuando com Fluidos Bifásicos. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/110101>>
- [2] Volk do Brasil. Conheça os riscos ocupacionais e perigos nas plataformas petrolíferas. Disponível em: <<https://blog.volkdobrasil.com.br/conheca-os-riscos-ocupacionais-e-perigos-nasplataformaspetroliferas/#:~:text=Uma%20vez%20que%20pode%20haver,petroliferas%20que%20sofreram%20com%20explosões>>
- [3] Oliveira et al. Sistemas de Segurança – Tochas e Blowdown. Disponível em: <<https://baixardoc.com/preview/sistemas-de-segurana-tochas-e-blowdown-5c6db8d9b8e63>>.
- [4] Selecting the Proper Flare Systems. Disponível em: <<https://user.eng.umd.edu/~adomaiti/chbe446/literature/BaderBussman2011.pdf>>.
- [5] Brasprocess. Tocha "Flare" de Chama Aberta. Disponível em: <<https://www.brasprocess.com.br/tochas-abertas>>
- [6] Brasprocess. Tocha “Flare” chama enclausurada. Disponível em: <<https://www.brasprocess.com.br/flares-chama-enclausurada>>
- [7] BTS. Tocha Multiponto de Chama Aberta de Solo. Disponível em: <http://www.bts.ind.br/equip_tipos.htm>
- [8] Marinho, Carla Alves; Souza, Celso de; Motomura, Tsukasa; Adalberto Silva, Gonçalves da. Inspeção de flares em operação com veículos aéreos não tripulados (vants). Disponível em: <https://www.ndt.net/article/panndt2011/papers/84_Marinho%20Ferreira.pdf>
- [9] Souza, Leôncio de Almeida. Sistema de alívio e tocha. Apostila Petrobrás.
- [10] Dispositivo Corta-Chamas (“Flame Arresters”), Requisitos de seleção, desempenho, certificação, especificação e limites de aplicação em indústrias químicas e de Óleo & Gás Disponível em: <<https://www.petroblog.com.br/wp-content/uploads/Dispositivo-Corta-Chamas-1.pdf>>
- [11] Cowl, Daniel A. Chemical Process Safety: fundamentals with applications – 3rd ed. p 451
- [12] Flare System Modelling for Dummies. Disponível em: <<https://www.thechemicalengineer.com/features/flare-system-modelling-for-dummies/>>

[13] Sobre as flares, a sua função e o seu impacto visual nas refinarias. Disponível em: <<https://engenharia-quimica.blogspot.com/2014/06/sobre-as-flares-sua-funcao-e-o-seu.html>>

[14] IPIECA, IOGP, GGFR. Flaring management guidance for the oil and gas industry. Disponível em: <<https://thedocs.worldbank.org/en/doc/35178b35bcfb9bfd144079f84512ab7d-0400072022/original/Flaring-management-guidance-for-the-oil-and-gas-industry.pdf>>

[15] Energês. O que é flare de biogás. Disponível em: < <https://energes.com.br/o-que-e-flare-para-biogas/>>

[16] Resolução ANP nº 806, de 17 de janeiro de 2020. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-806-2020-regulamenta-os-procedimentos-para-controle-de-queima-e-perda-de-petroleo-e-de-gas-natural?origin=instituicao>[16] Resolução ANP nº 806, de 17 de janeiro de 2020. Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-806-2020-regulamenta-os-procedimentos-para-controle-de-queima-e-perda-de-petroleo-e-de-gas-natural?origin=instituicao>>

[17] OCGI. Um catalisador para a mudança. Disponível em: <<https://www.ogci.com/about-us/#guidingprinciples>>

[18] Redação TN Petróleo, Agência Petrobras. P-66, P-70 e P-77 têm queima de gás reduzida no flare. Disponível em: <<https://tnpetroleo.com.br/noticia/p-66-p-70-e-p-77-tem-queima-de-gas-reduzida-no-flare/>>