

5º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

**GERENCIAMENTO DE SEGURANÇA DA PRODUÇÃO
OFFSHORE DE GÁS NATURAL NAS RESERVAS PRÉ-SAL:
ACIDENTE NA FPSO CIDADE SÃO MATEUS**

AUTORES:

Matheus Moura Oliveira¹, Rafael de Jesus Lima², Marília Rafaele Oliveira Santos³, Yasmin Teles Barboza, Luan Vittor Tavares Duarte de Alencar, Maria de Fátima Farias Rocha.

INSTITUIÇÃO:

Bolsista CAPES, oliveira.m.m@outlook.com, ¹ Núcleo de Estudos em Sistemas Coloidais – NUESC, Instituto de Tecnologia e Pesquisa - ITP, Universidade Tiradentes, ²Engenheiro de Petróleo, Universidade Tiradentes, ³ Laboratório de Síntese de Materiais e Cromatografia - LSINCROM, / Instituto de Tecnologia e Pesquisa - ITP, Universidade Tiradentes.

GERENCIAMENTO DE SEGURANÇA DA PRODUÇÃO OFFSHORE DE GÁS NATURAL NAS RESERVAS PRÉ-SAL: ACIDENTE NA FPSO CIDADE SÃO MATEUS

Abstract

For many years, the oil business are being highlight in the world economy sector, which influence is justified by that being an important energy source. Recently, oil reserves have been discovered in the pre-salt region, which gas/oil rate is elevated, affecting all process of production, because nowadays the platforms are more optimized to produce more oil than gas. Aiming the necessity to process more gas in less time, gas treatment systems have been created, which most of time could cause technique problems that are not easily identified such as gas leak, high pressure in duct and equipment, corrosion, lack of storage capacity, among others. Your production thereby is involved directly with several risks, especially in offshore production, where the environment is more adverse, requiring bigger investments in safety procedures turning the exploration more expensive. The inspection ineffectiveness related to this sector facilitate that problem persist happening until nowadays. In Brazil, biggest part of your petroleum production comes from offshore exploration. Due to some difficulties imposed by this type of exploration, comparing with onshore exploration, some new methods and units was developed. For example, we can mention the Floating unity of Production, Storage and Offloading (FPSO), which was developed to besides produce gas and oil, could storage because the unfeasibility of build ducts, being offloaded by auxiliary ships. This article is based in the industry common practice of study past accidents aiming the improvement in operations safety, to analyze the explosion on FPSO Cidade São Mateus, which happened in 11th February, 2015 and resulted in nine crewmen death. Thus, this article shows technique suggestions of new rules/laws, procedures, equipment adequacy and training necessary to minimize accidents caused by system oscillation. The study was made based in Brazilian Navy's and National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels (ANP) public investigation reports.

Introdução

A existência de rochas fonte de petróleo depende dos processos de acumulação e preservação de matéria orgânica no subsolo. Neste caso apenas as moléculas orgânicas em monomérica ou polimérica formas, derivadas diretamente ou indiretamente de partes orgânicas de organismos, são consideradas como matéria orgânica propícia para esses processos. A sedimentação dessa matéria orgânica pode resultar em compostos do petróleo, a depender de outros eventos geológicos (TISSOT E WELTE, 1984).

Conforme determinado pela lei nº 11.909 de 4 de março de 2009, o Gás Natural consiste em “todo hidrocarboneto que permaneça em estado gasoso nas condições atmosféricas normais, extraído diretamente de reservatórios petrolíferos ou gasíferos, cuja composição poderá conter gases úmidos, secos e residuais;”.

O Gás Natural tem grande parte de sua composição formada por hidrocarbonetos que em condições normais atmosféricas permanecem na fase gasosa, que geralmente é determinada através das frações de gases presentes na mistura. Os principais componentes são o metano (CH_4), com teores acima de 70%, seguido pelo etano (C_2H_6) e o propano (C_3H_8) (ANP, 2019).

Historicamente, a produção de gás natural sempre esteve em segundo plano com relação a produção de petróleo devido a preferência do mercado e a maior razão óleo/gás (ROG). Porém, nos últimos anos, com o envelhecimento de alguns poços e com a descoberta de novos campos com alta razão gás/óleo (RGO), necessita-se de tecnologias com tratamento eficaz para o gás natural.

Além disso, ultimamente devido ao crescimento da preocupação global acerca do efeito dos combustíveis fósseis através das emissões de dióxido de carbono nas mudanças climáticas, e também por causa da menor presença de carbono no gás natural em comparação com outros combustíveis fósseis, o gás natural transformou-se numa importante fonte de energia nos principais países do mundo (HAILEMARIAM E SMYTH, 2019).

O gás natural cru que é retirado diretamente dos poços contém altas concentrações de hidrocarbonetos, dióxido de carbono, sulfato de hidrogênio, nitrogênio, água e outras impurezas. Antes de ser destinado ao uso, ele é submetido a diversas fases de processamento que são responsáveis em tornar viável a sua utilização. Uma planta de processamento de gás natural tem o objetivo de remover hidrocarbonetos pesados, nitrogênio, água e outras impurezas até que seja atingido níveis aceitáveis, produzindo o gás tratado como produto final, que são compatíveis com a concepção dos gasodutos e as necessidades do consumidor. Gás natural em seu estado bruto, sem tratamento, pode causar problemas operacionais associados, como a corrosão ou entupimento de tubulações, que podem resultar em falhas na segurança de sistema e propiciando a ocorrência de acidentes (MOKHATAB ET AL., 2019).

Esse cenário de produção offshore em grandes profundidades e a necessidade de processamento do gás propiciou a utilização das FPSOs (Floating Production Storage and Offloading). A FPSO é uma unidade de produção, armazenamento e descarregamento flutuante, objetivando o desenvolvimento de remotos campos de óleo e gás em águas muito profundas, além de não precisar de dispendiosas tubulações submarinas até a costa. Comparada com outras plataformas marítimas, as FPSOs contêm certas vantagens por serem mais rápidas de construir, poderem operar em diferentes profundidades e a facilidade de movimentação para possíveis realocações (KHAKZAD E RENIERS, 2018).

De acordo com Khakzad e Reniers (2018), apesar de algumas similaridades com outras instalações marítimas de óleo e gás com relação à segurança, as FPSOs podem necessitar de sistemas de segurança diferentes devido as suas restrições de espaço e peso. Além disso, os sistemas precisam considerar diversos fatores agravantes em relação as outras estruturas, como as forças causadas pela movimentação da embarcação, necessidade de ter certa flexibilidade assim como a imprescindibilidade de rigorosas condições anticorrosivas. Este trabalho visa detalhar e avaliar a composição destes sistemas que compõe as FPSOs além de determinar os principais desafios enfrentados pelos profissionais e propor soluções cabíveis.

Conforme Medeiros (2015), as FPSOs podem ser obtidos de três formas: Conversão de um navio petroleiro VLCC (Very Large Crude Carrier) através de reforços na estrutura e adaptações para operação, ancoragem e risers; Conversão de uma nova construção, distinguindo-se da anterior apenas pelo fato de ser um navio novo; e FPSOs construídos, que são diretamente concebidos para a função de FPSO e não adaptação de casco de petrolíferos.

Geralmente durante a conversão ou construção da FPSO são instalados sistemas operacionais que atendam aos requisitos de produção, processamento e transporte do produto, a depender do sistema implantado, podem ser classificados em: sistema de embarcação, sistemas de facilidades (responsável pelo suporte a integridade dos tripulantes no navio), sistemas de processamento (petróleo e gás) e sistemas de segurança (NETO, 2007).

Os sistemas de segurança são responsáveis pela detecção e combate em caso de incêndio. Divide-se em combate por água, sendo este constituído por um distribuidor pressurizado chamado de Header e rede de hidrantes, sistema de combate por dilúvio e por espuma. Além de combate por água, há o sistema de gás inerte que combate o incêndio através da inundação da área com gás CO₂ para diminuir a concentração de Oxigênio na reação. Por fim, a FPSO contém extintores portáteis de água,

pó químico seco, espuma e CO₂. O sistema de detecção é composto por detectores de fogo, de H₂, de H₂S, de CO₂ e de gás, instalados em diversos locais da unidade (MEDEIROS, 2015).

As atividades realizadas nas FPSOs são de alta complexidade em que exige condições peculiares em relação ao gerenciamento de segurança, pois em boa parte das operações *offshore* o ambiente é crítico com elevada salinidade e umidade, sendo necessário monitoramento contínuo nas condições dos materiais e equipamentos que são aplicados nestas condições e que sofrem desgaste exaustivo. Outro ponto que influencia nas atividades *offshore* é a presença de funcionário em todos os momentos até no momento de descanso, sendo assim, estando em risco contínuo. Tendo como agravante as atividades complementares que são de transporte de funcionários e escoamento/distribuição dos produtos armazenados, proporcionando risco durante essas atividades.

Acidentes estão presentes em qualquer tipo de trabalho, e recentemente ocorreu na FPSO Cidade de São Mateus no litoral do Espírito Santo, que acarretou a morte de nove tripulantes e causou ferimentos em vinte e seis. Esse acidente ocorreu na manhã do dia 11 de fevereiro de 2015, enquanto era realizada a transferência de água e condensado para a realização de uma inspeção do tanque de carga e teste de válvulas. Devido a um vazamento na rede de descarga da bomba e as ações desenvolvidas, ocasionou-se a explosão na casa de bomba. Este trabalho tem como objetivo analisar esse acidente, realizando um estudo de caso baseado nos relatórios oficiais feitos pela Marinha do Brasil e pela ANP para aferir as causas que provocaram o acidente.

Metodologia

Este trabalho consiste basicamente em um estudo de caso do acidente ocorrido na FPSO Cidade São Mateus (CSM), que tem a capacidade de produção de 4.000 m³/dia de óleo e 10.000.000 m³/dia de gás. Originou-se de uma transformação de um antigo navio petroleiro chamado NAVARIN que ocorreu no ano de 2008, possuindo um casco duplo reforçado de aço. Atuava no Campo de Camarupim, bacia Espírito Santo, em profundidade de 792 m, em pleno mar aberto, com uma distância em relação a costa de aproximadamente 40 km. Em fevereiro de 2015 ocorre o acidente na FPSO CSM enquanto era realizada a transferência de água e condensado para a realização de uma inspeção do tanque de carga e teste de válvulas. A partir de um vazamento na rede descarga da bomba e os procedimentos desenvolvidos, ocasionou-se a explosão na casa de bombas. Tendo em vista todos pontos fundamentais para a ocorrência do sinistro com base nos relatórios oficiais de investigação da Marinha do Brasil e da ANP, neste contexto foi levantado todos os pontos que influenciaram diretamente e indiretamente no acidente e no agravamento do mesmo, com intuito de gerenciar e propor melhorias para estes fatores com base na literatura e em outros acidentes semelhantes na indústria petrolífera.

Resultados e Discussão

Causas do acidente

De acordo com os relatórios realizados pela Marinha do Brasil e pela ANP, indicaram diversos fatores que juntos proporcionaram o acidente e o agravamento do mesmo. Conforme apresentado na figura 1, que apresenta provas retiradas do relatório da Marinha (2015) todas elas com base no disco de dados de automação contidos na FPSO e no circuito fechado de televisão (CCTV).

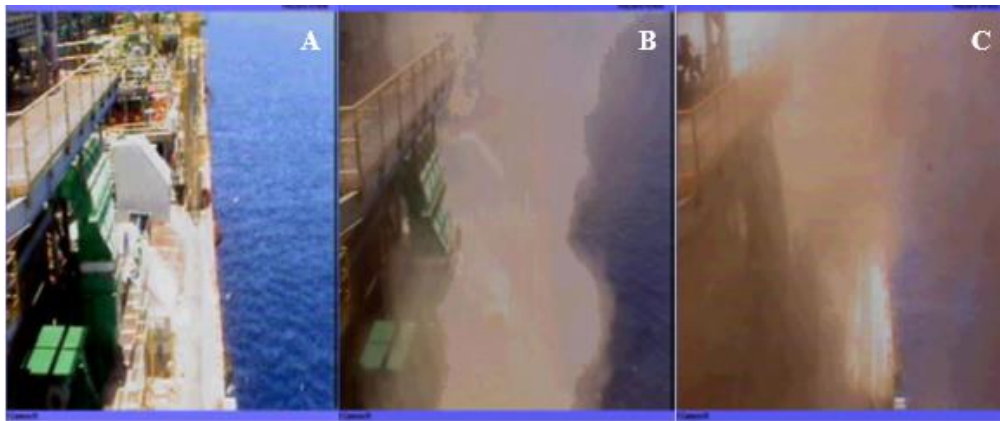


Figura 1: Antes (A) e durante (B) (C) o acidente.
Fonte: Marinha do Brasil, 2015.

Com base na ANP (2015), a primeira causa para que ocorresse o acidente foi a alteração no projeto da plataforma com o objetivo de armazenamento do condensado. O primeiro projeto realizado pela PROSAFE, empresa responsável pela conversão do navio petroleiro em FPSO, indicava que em caso de não produção de óleo, o condensado deveria ser separado da água e gás natural e direcionado ao gasoduto de exportação. No entanto, a Petrobras solicitou que a FPSO fosse modificada para que estabilizasse o condensado e armazenasse nos tanques. Estas alterações foram realizadas sem gerenciamento e os riscos relacionados aos ajustes feitos não foram mensurados.

Segundo fator foi a utilização de um sistema de transferência de carga desgastado (figura 2), este sendo original do navio tanque antes da conversão em FPSO, que datava de 1989. Utilizado na FPSO para transporte e armazenamento de fluidos diferentes do que estava no projeto (fabricado para gás inerte), com o passar do tempo o sistema foi sendo degradado de forma a restringir algumas atividades, em que acarretou na utilização de equipamentos inadequados (raquetas e tubulações) para obstrução da via. Essas alterações foram implementadas sem qualquer avaliação dos riscos relacionados à sua instalação, além de não terem sido repassadas durante a troca de turno (ANP, 2015).



Figura 2: Válvula e ligação flangeada, responsável pelo vazamento.
Fonte: Adaptado de Marinha do Brasil, 2015.

A terceira causa do acidente foi a degradação da equipe técnica da marinha, aumentando assim a probabilidade da sequência de falhas. Em qualquer plataforma é essencial a manutenção do corpo técnico, exigindo capacitação e atualização dos fundamentos e regras para o desempenho de suas

funções, o que ocorreu de forma inversa na FPSO CSM com a troca por operadores inadequados (ANP, 2015).

O quarto fator causador foi a operação da bomba de dreno com sua descarga fechada, ou seja, operando com linha obstruída fazendo com que a pressão do sistema aumentasse. O controle de operação da bomba de dreno era feito pelo operador da marinha através da tela do sistema supervisão monitorando o deslocamento da bomba através de métodos indiretos como percentual de abertura da válvula e pressão de descarga, ao invés de medir pelo número de Strokes. Além disso, a visualização da pressão de descarga apresentava-se numa escala considerada inadequada. Tais fatores levaram a situação em que se permitiu operar uma bomba com sua linha de descarga fechada, elemento crucial para a ocorrência do acidente (ANP, 2015).

O quinto fator, de acordo com a ANP (2015), foi a ausência de manutenção da válvula de segurança contra sobrepressão (PSV), que tinha a função de recircular o fluido bombeado para a sucção da bomba, como mencionado anteriormente algumas partes do maquinário foram aproveitadas do navio antes da conversão em FPSO, sendo equipamento obsoletos e fora dos padrões de segurança atuais.

A flange demonstrada na figura 2 que antecede a válvula PSV, é o local em que ocorre a perda de pressão. Neste flange estava situada a raqueta que tinha como função impedir o fluxo da tubulação (exclusivamente bloqueio), esta raqueta tendo sua possível fabricação a bordo, não garantindo assim a sua adequação ao sistema aplicado. No entanto, de maneira superficial, as prováveis causas podem ser relacionadas tanto a falha da raqueta em condições abaixo ou acima da PMTA do sistema, falha do projeto/atualização/manutenção do maquinário em geral, assim como falhas administrativas diversas que levaram ao vazamento na casa de bombas (ANP, 2015).

O sexto fator foi a exposição de pessoas, devido a diversas falhas no Plano de Resposta a Emergência, que gerou erros na avaliação do cenário de risco, maximização da ocorrência da atmosfera explosiva ao invés de mitigá-la, ausência de instruções claras, envio de equipes técnicas e brigadistas mesmo havendo detecção de gás nos sensores, desmobilização parcial dos pontos de encontro mesmo mantendo-se a presença de gás e a determinação das localizações dos pontos de encontros sem considerar os estudos de segurança do FPSO. Esse fator foi o principal que resultou em grande parte das vítimas deste acidente. (ANP, 2015).

Como último e sétimo fator causal abordado pela ANP (2015), relata sobre a ignição da atmosfera explosiva. Devida a explosão provocada por um centelhamento em uma atmosfera explosiva, grande quantidade de energia foi liberada, mediante ao ambiente e a atmosfera presente, as forças de arrasto e os projéteis foram capazes de causar sérios danos pessoais e materiais. A atmosfera explosiva foi atingida através da mistura entre o oxigênio e o combustível gasoso proveniente do vazamento do condensado (ANP, 2015).

PROPOSTAS DE MELHORIAS

Alteração de projeto

Após as devidas alterações como, por exemplo, as feitas no projeto do navio FPSO CSM, em qualquer tipo de embarcação petroleira ou que venha a se tornar, será necessário a apresentação de todos os documentos referente a transformação/mudança a um órgão competente, neste caso a ANP, posteriormente será requisitado um profissional habilitado da ANP com conhecimento na área de transformação/modificação para que possa avaliar, testar e validar o projeto final apresentado e possa entrar em operação. Os documentos a serem entregues ao órgão fiscalizador competente:

- ✓ Descrição do histórico de mudanças no projeto do início ao término;
- ✓ Atualização no plano de gerenciamento de risco a depender das modificações, com adição ou retirada de fonte de risco;

- ✓ Novo modelo de sistema/operacionalidade;
- ✓ Atualização no plano de emergência em caso de sinistro;
- ✓ Comprovante de treinamentos aplicados a todos os funcionários referentes a nova forma de operação;
- ✓ Resultados obtidos nos testes durante a auditoria interna da empresa.

Utilização de equipamentos

Qualquer tipo de equipamento presente na indústria petrolífera que sofra alteração de pressão significativa, deverão dispor de equipamentos que possibilitem a medição precisa e constantemente, como o manômetro, devendo ser realizadas manutenções periódicas que comprovem o perfeito funcionamento. Essas manutenções devem ser realizadas por profissionais habilitados e capacitados no tipo do sistema presente ou por empresas contratadas reconhecidas pela ANP. Em casos de irregularidades a ANP poderá autuar, multar, parar a operação do FPSO até que seja feita manutenção/trocas no sistema e apresentem os testes dentro das normas exigidas.

Construção de equipamentos

Todo material/equipamento utilizado na construção, transformação ou mudança do sistema do navio FPSO CSM, qualquer outro tipo de embarcação petroleira ou que venha a se torna, deverá ser testado, certificado e previamente autorizado pelo órgão competente. É proibida a fabricação de qualquer equipamento/peças a bordo, pois não há possibilidade de teste para enquadrar nas normas técnicas de uso. A ANP tem a responsabilidade de fiscalizar e punir quando necessário às empresas atuantes no ramo petrolífero enquanto estiver em território nacional.

Treinamento

Treinamentos, deverão ser realizados em determinados tempos pré-determinados pelas Normas Regulamentadoras vigentes no Brasil, cabendo a ANP fiscalizar constantemente os tipos de treinamentos realizados e as listas de frequência destes, comprovando a implementação. A empresa também deverá realizar simulados referentes ao treinamento realizado.

Prevenção

Qualquer equipamento deve ser testado e adequado para o meio utilizado, portanto, os equipamentos de detecção de gases deverão ser a prova de explosões, incêndio e água. Os bons funcionamentos dos detectores de gás influenciarão em outros parâmetros como, por exemplo, a ativação da equipe responsável por combate aos vazamentos, atuação da brigada, apaziguamento do problema, entre outros.

Monitoramento

Circuito interno de monitoramento não apresentava o horário real do sinistro, dificultando tecnicamente o andamento das investigações (ANP, 2015). O circuito interno fechado de gravações visuais deve possuir horário padrão, inclusive já existem sistemas que utilizam um horário universal, que evita problemas com fuso e horário de verão. As imagens das gravações precisam ser de fácil acesso quando se torna necessário a consulta. Portanto salas exclusivas, tanto para monitoramento visual quanto o monitoramento técnico através de sensores diversos, deverão ser instalados a bordo.

Conclusões

Neste trabalho, pode-se analisar e encontrar os erros que causaram o acidente no FPSO CSM, e através dessas causas sugerir possíveis normas aplicáveis no setor exploratório e produtor de petróleo, pois atualmente esse setor tem carência de normas técnicas que regulamentem suas operações. Percebe-se o significativo número de medidas sugeridas, aumentando a significância desse trabalho e alertando para o perigo sob o qual são submetidos os trabalhadores da área, tornado essencial a adoção de medidas e a sua devida fiscalização, de forma a gerar punições as empresas descumpridoras. Outro fator que influenciou diretamente neste estudo, é que no setor petrolífero o

acesso as informações relacionadas a acidentes/incidentes são restritas dificultando assim a obtenção de base de dados e do conhecimento social do real perigo proporcionado pelo trabalho.

Referências Bibliográficas

ANP, Relatório de investigação do incidente de explosão ocorrido em 11/02/2015 no FPSO Cidade de São Mateus, Superintendência de segurança operacional e meio ambiente – SSM, 2015.

ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Rio de Janeiro, 2019.

HAILEMARIAM, A.; SMYTH, R. What Drives Volatility in Natural Gas Prices?. *Energy Economics*, v.80, p. 731-742, 2019.

KHAKZAD, N.; RENIERS, G. Safety of Offshore Topside Processing Facilities: The Era of FPSOs and FLNGs. *Methods in Chemical Process Safety*, v.2, p. 269–287, 2018.

MARINHA DO BRASIL. Relatório de investigação de segurança de acidente marítimo: FPSO Cidade de São Mateus. Espírito Santo, 2015.

MEDEIROS, V. A., O Estado da Arte do FPSO. UFRJ/Escola Politécnica. Rio de Janeiro, 2015.

MOKHATAB, S.; POE, W. A.; MAK, J. Y. Basic Concepts of Natural Gas Processing. *Handbook of Natural Gas Transmission and Processing*, Fourth Edition, p. 177–189, 2019.

NETO, L. M. Identificação de perigos e avaliação de riscos em uma unidade offshore na fase de operação: estudo de caso de um FPSO. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007.

TISSOT, B. P.; WELTE, D. H. *Petroleum formation and occurrence*. Springer-Verlag, New York, 1984.