



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
CAMPUS BAIXADA SANTISTA
INSTITUTO DO MAR

MARIA EUGÊNIA PALEARI DE AZEVEDO

ANÁLISE DE PROTEÇÃO PASSIVA CONTRA INCÊNDIO EM FPSO

SANTOS – SP

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
CAMPUS BAIXADA SANTISTA
INSTITUTO DO MAR

MARIA EUGÊNIA PALEARI DE AZEVEDO

ANÁLISE DE PROTEÇÃO PASSIVA CONTRA INCÊNDIO EM FPSO

Projeto de pesquisa apresentado a Comissão do trabalho de Conclusão de curso graduação em Bacharelado em Engenharia de Petróleo da Universidade Federal de São Paulo, como requisito à aprovação na unidade curricular de Trabalho de Conclusão de Curso.

Orientador: Prof. Dr. Elói Rotava

SANTOS – SP

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
CAMPUS BAIXADA SANTISTA
INSTITUTO DO MAR

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela minha saúde e por me dar forças para continuar dia após dia, para que eu sempre pudesse alcançar meus objetivos.

Agradeço à minha família, minha mãe Marli e ao meu pai João Marcos, por sempre me apoiarem em minhas escolhas, e por não medirem esforços para que eu conseguisse ter uma formação acadêmica.

A todo o corpo docente, que realizam seu trabalho com dedicação e amor para com os alunos.

Aos meus amigos, que sempre me apoiaram e me ajudaram nesta caminhada.

Uma muito obrigada a todas as pessoas que de alguma forma me ajudaram a continuar a batalhar pelos meu sonho de se tornar Engenheira de Petróleo e me ajudaram a me tornar uma pessoa melhor.

Ficha catalográfica elaborada por sistema automatizado
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

D278aa Azevedo, Maria Eugênia Paleari.
Análise de Proteção Passiva Contra Incêndio em
FPSO. / Maria Eugênia Paleari Azevedo; Orientador
Elói Rotava. -- Santos, 2022.
30 p. ; 30cm

TCC (Graduação - Engenharia de Petróleo) --
Instituto do Mar, Universidade Federal de São Paulo,
2022.

1. Segurança Operacional. 2. Proteção Contra
Incêndio. 3. Proteção Passiva. 4. Tinta Intumescente.
5. Jaqueta. I. Rotava, Elói, Orient. II. Título.

CDD 665.5

RESUMO

Com o avanço da exploração e produção de petróleo, e com os desastres registrados na indústria do petróleo, foram propostas medidas efetivas de proteção passiva para reduzir a exposição humana, do meio ambiente e dos ativos às consequências de eventuais falhas geradas a um cenário de incêndio. A utilização de proteção passiva, tem como objetivo retardar a ação do fogo, e proteger a integridade da estrutura por um determinado período, com a finalidade de evitar que a estrutura entre em colapso e ocorra o escalonamento de um incêndio. Neste contexto, o presente trabalho apresenta a importância da utilização em unidades marítimas de produção a proteção passiva contra incêndio e a realização de uma gestão eficiente desta proteção, uma vez que ela é classificada como elemento crítico de segurança operacional. E que, quando identificados desvios durante as auditorias SGSO devido a falhas no gerenciamento deste escopo, possíveis consequências podem ocorrer após um evento acidental, e por muitas vezes, até ocasionar um desastre. Assim, o trabalho se justifica pela recorrência de falha no gerenciamento da disponibilidade de PPCI através de desvios identificados em auditorias de conformidade do Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional (SGSO) e com objetivo de propor a criação de uma gestão eficiente para sanar os desvios encontrados.

Palavras-chave: Proteção Contra Incêndio, Segurança Operacional, Proteção Passiva, Epoxi Intumescente, Jaqueta.

ABSTRACT

With the advance of oil exploration and production, and due to disasters registered in the oil industry, it was proposed measures of effectiveness for passive protection in order to reduce human, environment and assets exposure to the consequences of any failures generated by a fire scenario. The use of passive protection aims to delay the action of fire and protect the integrity of the structure for a certain period, to prevent the structure from collapsing and also fire escalation. In this context, this work presents the importance of passive protection use in maritime production units and the accomplishment of its efficient management against fire, for it is classified as a critical element of operational safety. When deviations are identified during the SGSO audits due to failures in the management of this scope, possible consequences can occur after an accidental event, and for many times, can even cause a loss. Thus, this work is justified by the recurrence of failure in the management of PPCI availability through deviations identified in compliance audits of the Operational Safety Management System (OSMS) and with the objective of proposing the creation of an efficient management to remedy the deviations found.

.

Keywords: Fire Protection, Operational Safety, Passive Protection, Epoxy Intumescent, Jacke

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	OBJETIVO	7
3	DESENVOLVIMENTO	7
3.1	Referencial Teórico	8
3.1.1	Histórico	8
3.1.2	Proteção Contra Incêndio	8
3.1.2.1	Proteção Passiva Contra Incêndio	9
3.1.2.1.1	Tipos de Materiais de Proteção Passiva Contra Incêndio	9
3.1.2.1.1.1	Tinta Intumescente	10
3.1.2.1.1.2	Manta Isolante	12
3.1.3	Fogo e Cenários de Incêndio	13
3.1.4	Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional - SGSO	16
3.2	Metodologia	18
3.2.1	Desvios Identificados – Auditoria ANP	18
3.2.2	Estratégias para a definição de indicadores	18
3.3	Elaboração do Sistema de Gestão	19
3.3.1	Inspeção Visual	21
3.3.2	Plano de Manutenção	23
3.3.2.1	Plano de Manutenção <i>Shutdown Valves</i>	24
4	CONCLUSÃO	25
5	SITIOS	26
6	REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

Com o crescente consumo de petróleo no mundo, houve a necessidade de encontrar e explorar novos tipos de produção além das jazidas já encontradas em terra (*Onshore*). Devido a isto, em 1940 ocorreu o marco inicial para a exploração *Offshore* no Golfo do México. A exploração *offshore* é realizada em alto mar, sendo os primeiros poços perfurados em águas rasas de até 120 metros de profundidade e tinham sua produção escoada através de tubulações para a costa. Com a descoberta e o início da exploração e produção de petróleo em lâmina d'água superior a 1.000m, foi indispensável a evolução das unidades marítimas de produção. Estas unidades, por sua vez, se tornaram mais complexas e converteram-se em plataformas que são capazes de produzir, armazenar e realizar o escoamento do petróleo para navios aliviadores. Estas unidades marítimas de produção, são conhecidas como FPSO (*Floating Production Storage and Offloading*).

Independente da complexidade das unidades marítimas de produção, as operações de extração de petróleo são muito semelhantes e apresentam uma série de riscos associados à construção do poço submarino, à elevação do petróleo para a plataforma, às operações desenvolvidas com equipamentos e aos processos que abrangem altas temperaturas, altas pressões e produtos químicos perigosos (FRANÇA, 2014).

Evitar uma perda de contenção neste ambiente crítico é primordial, pois a liberação acidental de um líquido ou gás inflamável seguida de ignição, pode causar acidentes graves nas plataformas (SILVEIRA, 2005). Estes acidentes por sua vez, podem ocorrer de diversas formas, por exemplo, vazamentos em tanques pressurizados ou até uma tubulação de qualquer parte do processo. Abaixo encontra-se um diagrama com as diversas possibilidades de desdobramentos de uma liberação de material inflamável.

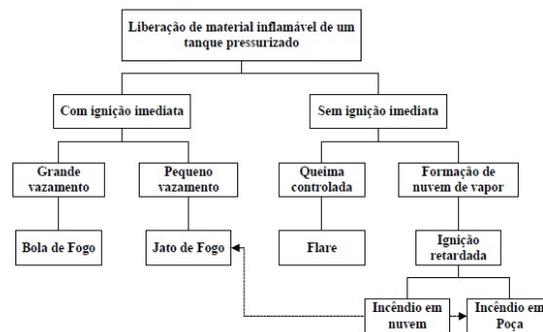


Figura 1.1 – Diagrama de eventos devido a liberação de material inflamável

Fonte: SILVEIRA (2005)

O acontecimento de incêndio de hidrocarboneto em plataformas de petróleo é um dos mais perigosos e devastadores que podem ocorrer, como os acidentes que ocorreram ao longo da história: é importante citar o de *Piper Alpha*, no Mar do Norte (1988), na P-36 na Bacia de Campos (2001) e o da *Deepwater Horizon*, no Golfo do México (2010), (FRANÇA, 2014).

São incêndios que apresentam um aumento de temperatura superior a 1000°C nos primeiros cinco minutos. Devido à construção das plataformas serem compostas por aço estrutural, e estes, quando expostos a temperaturas de 500°C, perderem em 50% suas propriedades mecânicas (WANG et al, 2007), se faz indispensável o controle e a utilização de medidas de segurança qualificadas, a fim de evitar que estas estruturas percam a integridade, entrando em colapso e causando maiores acidentes.

O sistema de proteção contra incêndio é uma medida de segurança qualificada e indicada para este tipo de situação. Para este sistema, podemos encontrar dois tipos de proteção, chamadas de proteção ativa e passiva. A proteção ativa, está relacionada à necessidade de intervenção adicional, seja ela automática ou manual, após o acontecimento do incêndio, como é o caso dos sistemas de combate por dilúvio - que tem como finalidade resfriar os equipamentos adjacentes a ocorrência de chamas, evitando a propagação do fogo e mantendo a integridade desses equipamentos – e o sistema de combate a incêndio por espuma – utilizados onde não há módulo acima do convés principal, sendo dispostos na planta de processamento primário para suprir a cobertura em áreas não cobertas pelo sistema de dilúvio. Neste sistema são utilizados canhões de espuma oscilantes e de acionamento manual, que espalham uma camada de espuma por igual no incêndio.

Diferente da proteção ativa, a proteção passiva não necessita de intervenção adicional durante um incêndio e tem o objetivo de proporcionar uma maior eficiência ao combate e propagação de incêndio (OLIVEIRA, 1993) através de revestimentos de superfície. Revestimentos estes que podem ser encontrados de diversos materiais, como por exemplo, a tinta intumescente, que tem a sua aplicação realizada em tubulações, vasos, suportes e estruturas, e a manta/jaqueta que são instaladas em válvulas principalmente do tipo ESDV's (*Emergency Shutdown Valves*). Estes materiais são responsáveis por garantirem a proteção destas estruturas expostas a altas temperaturas durante um determinado período de tempo pré-estabelecido.

Com o objetivo de tornar as operações de extração de petróleo mais seguras e evitar acidentes que venham a prejudicar a vida humana, o meio ambiente e os ativos, o Brasil desde 2007 vem criando regulamentos de segurança operacional com foco em ações preventivas, a

fim de aprimorar a gestão do sistema de proteção contra incêndio e prover respostas rápidas para extinguir, mitigar ou até retardar a possibilidade de propagação de incêndio para outras áreas adjacentes. Entretanto, entre 2015 e 2018, auditorias SGSO (Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional) da ANP realizadas em 13 unidades marítimas de produção, evidenciaram desvios nos planos de inspeção e manutenção, instalações incompletas ou a ausência da proteção passiva, causando falhas no gerenciamento de proteção passiva contra incêndio.

Assim, o trabalho se justifica pela recorrência de falha no gerenciamento da proteção passiva contra incêndio através dos desvios mencionados em auditorias de conformidade do Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional (SGSO). Nosso objetivo é apresentar melhorias a serem aplicadas ao longo da gestão nos planos de inspeção e manutenção, que quando colocadas em prática serão eficientes para sanar estes desvios e, desse modo, garantir a segurança operacional em um FPSO.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é propor o desenvolvimento da melhoria contínua da gestão de segurança operacional, com o aprimoramento da campanha de proteção passiva contra incêndio nos FPSO através do método PDCA, a fim de que não se encontrem mais irregularidades nas fiscalizações.

A ideia para este tema surgiu a partir do estágio realizado, no qual éramos responsáveis pelo escopo de proteção passiva contra incêndio nas unidades marítimas de produção, e, para nos inteirarmos dos diversos desvios possíveis de serem encontrados no gerenciamento do escopo de PPCI em plataformas, chegamos ao documento da ANP intitulado *Alerta de Segurança 002 – ANP/SSM: Gerenciamento da Disponibilidade da Proteção Passiva*.

Neste documento, encontramos alguns desvios relacionados aos planos de inspeção e manutenção destas proteções, que por muitas vezes são executados de forma incompleta, gerando possíveis consequências, como o escalonamento de um cenário acidental de incêndio.

Sendo assim, iremos apresentar melhorias a serem aplicadas ao longo da gestão nos planos de inspeção e manutenção, que quando colocadas em prática serão eficientes para sanar estes desvios e, desse modo, garantir a segurança operacional.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Referencial Teórico

3.1.1 Histórico

Com a descoberta e o início da exploração e produção de petróleo em lâmina d'água superior a 1.000m, foi indispensável a evolução das unidades marítimas de produção. Estas unidades, por sua vez, se tornaram mais complexas e converteram-se em plataformas que são capazes de produzir, armazenar e realizar o escoamento do petróleo para navios aliviadores. Estas unidades marítimas de produção, são conhecidas como FPSO (*Floating Production Storage and Offloading*).

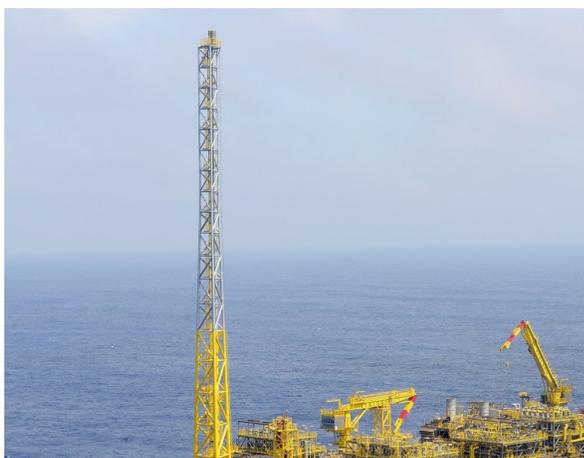


Figura 1: FPSO Cidade de Ilhabela

Fonte: Petrobras (2014 - ver *sítios*)

Estas atividades que são operadas no FPSO apresentam alto risco e tem como consequência grandes impactos caso aconteça algum incidente. Devido a isto é de extrema importância que estas operações sejam realizadas de maneira segura e haja investimento em gestão capaz de oferecer segurança operacional.

3.1.2 Proteção Contra Incêndio

Segundo o API RP 2218 (Fireproofing Practices in Petroleum and Petrochemical Processing Plants) proteção contra incêndio é uma ação mitigatória que tem a função de melhorar a capacidade da integridade estrutural durante um incêndio e de proteger os sistemas operacionais essenciais quando expostos ao fogo. Os resultados são perceptíveis logo nos estágios iniciais de um incêndio, classificado como um período crítico, pois é o momento em

que a unidade entra em alerta e tem-se um tempo hábil para realizar as intervenções necessárias para sanar as fontes de alimentação do incêndio.

As medidas de proteção contra incêndio são classificadas de forma passiva e ativa. A forma ativa, está relacionada à necessidade de intervenção adicional, seja ela automática ou manual, após a ocorrência do incêndio. São classificadas como proteção ativa contra incêndio os sistemas de pulverização de água, válvulas de isolamento de emergência, entre outras.

Para a proteção passiva, iremos detalhar no próximo tópico.

3.1.2.1 Proteção Passiva Contra Incêndio

É definida como uma proteção sem intervenção adicional durante um incêndio e classificada como um revestimento ou uma barreira que se interpõe entre o incêndio e o substrato. Seu maior objetivo é de retardar a ação do fogo e proteger a integridade da estrutura por um determinado tempo com a finalidade de evitar que a estrutura entre em colapso e ocorra o escalonamento de um incêndio.

Segundo Azevedo (2021), a proteção passiva é dividida em: proteção de ambientes (anteparas, pisos e tetos) que é estabelecida por tabelas desenvolvidas em conformidade com a legislação SOLAS (Safety of Life At Sea), e em proteção estrutural, que descende do Estudo de Propagação de Incêndio e Dispersão de Fumaça.

Proteção de ambientes são divididas em classes A, B, C, H, J e estas classes estão relacionadas ao tipo de fogo, ao tipo de material e ao tempo de prevenção quando exposta ao teste de fogo padrão, podendo ser 1h, 0,5h e 2h. As classes A, B e C são próprias para fogo celulósico, já as classes H e J são pertinentes para fogo em hidrocarboneto, e que podemos distinguir as classes H quando o incêndio é em poça, e J incêndio em jato.

Já para realizar a aplicação do tipo de proteção estrutural em elementos estruturais, deve-se realizar um estudo de propagação de incêndio, para analisar as condições das estruturas que necessitam ser protegidas e informar o tipo de proteção necessária para garantir a integridade dos elementos, seja em cenários de incêndio em poça, seja de incêndio em jato.

3.1.2.1.1 Tipos de Materiais de Proteção Passiva Contra Incêndio

Para realizar a proteção passiva, os materiais devem conter as seguintes características listadas: baixa condutividade térmica, elevado calor específico, baixa massa específica

aparente, garantia de integridade durante um incêndio, resistência mecânica adequada e custo viável (FERREIRA; CORREIA; AZEVEDO, 2006). Os principais materiais usados na indústria offshore e os referenciados neste trabalho são a tinta intumescente e a manta.

3.1.2.1.1.1 Tinta Intumescente

As tintas apresentam propriedades funcionais como: isolamento, reflexão, condução, intumescência (FAZENDA, 2009) e por motivos de segurança, as tintas intumescentes são utilizadas em larga escala em estruturas metálicas na indústria offshore com propósito de retardar o aumento da temperatura e manter suas propriedades estruturais.

A primeira formulação de tinta que se intitulava “intumescente” foi desenvolvida nos anos 30, (TRAMM et al., 1938), sua formulação era encontrada a base de solvente, e que durante a expansão em um incêndio, produzem fumos tóxicos, corrosivos e opacos (BUTLER,1997). Devido a preocupações ambientais procedente das tintas tradicionais à base de compostos halogenados, a Diretiva Europeia 2004/42/CE (JOUE, 2004) impulsionou a restrições na emissão de compostos orgânicos voláteis (COVs), ocasionando o desenvolvimento de tintas mais ecológicas, originando uma nova geração de tintas intumescentes de base aquosa, que apresentam algumas características positivas como o fato de ter a cura mais rápida, e aplicação de demão mais espessa.

Fabricada a partir da resina epoxi de alta qualidade e caracterizada pela composição de três principais componentes reativos entre si: uma fonte ácida, uma fonte de carbono e um agente expensor (DUQUESNE et al., 2007). Sua performance é caracterizada pela sua expansão volumétrica e por sua perda de massa, que origina a espuma carbonosa que por vezes pode atingir entre 5 a 200 vezes a espessura original de aplicação.



Figura 2: Demonstração da reação da aplicação da tinta intumescente

Fonte: Zago Engenharia, 2022



Figura 3: Fases da tinta intumescente exposta ao fogo

Fonte: AZEVEDO, 2021

O processo de intumescência está totalmente ligado à ocorrência de processos químicos e físicos. É de extrema importância que essas reações ocorram na ordem correta, no tempo preciso, e que tenham uma boa harmonização de temperatura na etapa de decomposição dos componentes, para garantir as propriedades necessárias para a resistência do isolamento térmico durante toda a ocorrência do incêndio.

As vantagens da aplicação da tinta intumescente à superfície do aço, estão ligadas à propriedade de retardar o aumento da temperatura e manter as propriedades estruturais íntegras durante um determinado tempo em um incêndio (SILVA, 2001), e por não provocarem alterações no formato e acréscimo de carga à estrutura.

Já as desvantagens também estão relacionadas à aplicação, que, por ser *in loco*, se faz mister que as condições atmosféricas estejam favoráveis, além do fato da aplicação da intumescência seguir os esquemas de pintura industrial, há a necessidade de várias demãos para atingir a espessura necessária para que se atinja com excelência a expansão, aumentando o tempo de execução. Outra desvantagem está relacionada ao tempo de proteção e ao custo, pois a maioria das tintas não vão além de 60 minutos, e quando se tem opções disponíveis, oferecem uma proteção de 90 a 120 minutos, mas o custo é consideravelmente mais elevado que a proteção de 60 minutos (PANNONI, 2007).

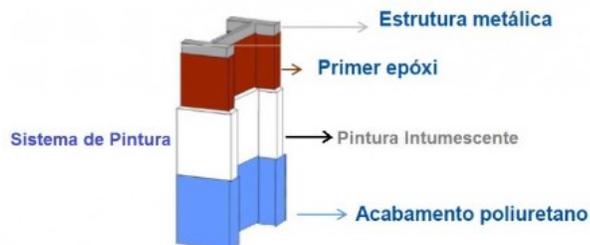


Figura 4: Esquema de pintura intumescente

Fonte: Salini Pinturas Industriais, 2022

3.1.2.1.1.2 Manta Isolante

As mantas isolantes ou jaquetas, são conhecidas como um tipo de revestimento flexível utilizadas em PPCI. Estes revestimentos são desenvolvidos a partir de fibra cerâmica e PVC, e, são fabricados sob medida para atender os diversos tipos de equipamentos críticos de segurança que requerem acesso frequente para inspeção e manutenção, como por exemplo as válvulas de Shutdown (SDV).

A vantagem da utilização deste material está na facilidade da instalação e remoção, que proporcionam um acesso fácil e rápido para estas inspeções e manutenção, reduzindo assim o tempo de escopo, além de serem revestimentos reutilizáveis, quando retirados de forma correta e por pessoas qualificadas e certificadas. Sua instalação é realizada por meio da fixação das partes da jaqueta através do método de laçamento, que utiliza cabo de aço de inox 316 revestido com nylon, como mostra a imagem 5 abaixo.



Figura 5: Esquema de fixação cabo de aço jaqueta de PFP

Fonte: Isolafácil, 2022

Outra vantagem, está na fabricação ser feita sob medida, que faz com que este revestimento se adapte à forma exata do conjunto do equipamento, deixando assim, a forma do equipamento identificável, como mostra a figura abaixo de uma SDV revestida com a jaqueta de PPCI.



Foto 6: SDV revestida com jaqueta de PFP

Fonte: Aatoria Própria (2022)

Já a desvantagem são que esse tipo de revestimento pode vir facilitar a corrosão na superfície do substrato do equipamento, a famosa corrosão sob isolamento (*CUI – corrosion under insulation*), que é a corrosão externa de um equipamento devido a ações sofridas pelo o acúmulo de água da chuva na proteção por conta de falhas no revestimento instalado. Por isso se faz necessária a inspeção periódica nestes revestimentos, estas inspeções periódicas devem ter o intuito de analisar a proteção em si, para que seja identificado possíveis danos ocasionados por interperes, ou por outros danos sofrido ao longo da vida útil do ativo, como também a realização da retirada do revestimento para realizar a inspeção de integridade da superfície do substrato para identificação de possíveis *CUI*, uma vez que a corrosão sob isolamento é invisível na superfície do revestimento de proteção passiva contra incêndio.

3.1.3 Fogo e Cenários de Incêndio

A nova teoria do fogo, Tetraedro do Fogo, representado na figura 7, diz que para ter combustão, é fundamental a coexistência de 4 elementos: o combustível, o comburente, o calor e a reação em cadeia. Segundo ela, sabemos que a sua extinção está relacionada com a retirada de um dos quatros elementos.



Figura 7: Elementos da Combustão – Tetraedro do Fogo

Fonte: TEROS, 2019

Os materiais combustíveis são classificados como toda matéria suscetível de queima, dentre eles podem ser: sólidos, líquidos ou gasosos. O comburente mais conhecido, o oxigênio, é responsável por formar uma mistura inflamável e ativar o fogo. Logo, o calor é responsável por dar início, por manter e por incentivar a propagação do fogo, ou seja, é o elemento provocador da reação em cadeia. Já a reação em cadeia, é responsável por tornar o fogo autossustentável (BELTRAMI; STUMM, 2013).

Para cada tipo de material combustível, podemos encontrar um cenário de fogo diferente. Em unidades marítimas de produção, a maioria dos combustíveis dominantes são os hidrocarbonetos, por conta da planta de processamento primário, mas podendo ser encontrado material celulósico na região do casario (AZEVEDO, 2021).

A figura 8, mostra a comparação da liberação de calor em incêndios resultante de hidrocarbonetos e celulósicos.

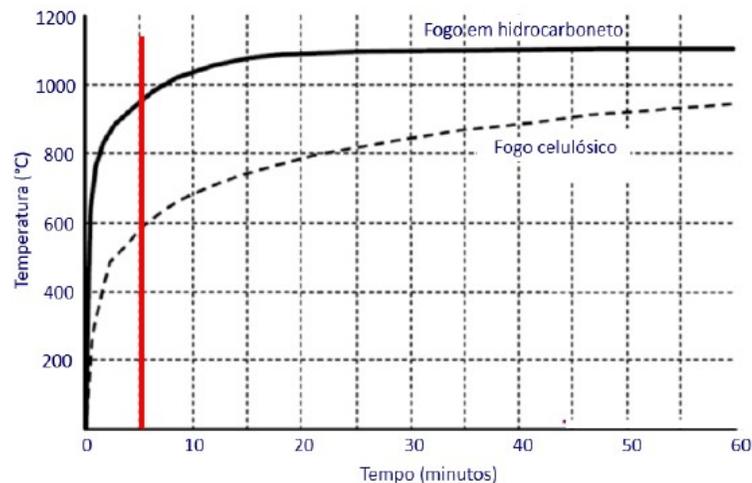


Figura 8 – Temperatura de incêndio em hidrocarboneto e celulósicos

Fonte: AZEVEDO (2021)

Através do gráfico, podemos observar que o fogo hidrocarboneto por se tratar de combustíveis líquidos e gasosos, possuem maior fluidez para alimentar a chama, causando um crescimento muito mais rápido da temperatura que no fogo celulósico e podendo chegar a temperaturas superiores a 1000°C.

A ocorrência de fogo hidrocarboneto, pode gerar cenários de incêndio; neste trabalho vamos apresentar apenas incêndio em poça (*Pool Fire*), incêndio em jato (*Jet Fire*), devido aos outros tipos de incêndio, como o em nuvem e o em bola de fogo após BLEVE possuírem danos tão grandes que medidas de proteção contra incêndio são ineficientes.

O incêndio em poça tem seus efeitos de radiação térmica localizados, mas é importante destacar que este tipo de incêndio possui potencial de ser agente causador de outros incêndios devido ao contato direto com a chama em outros lugares. Seu princípio ocorre quando há o derrame acidental de um líquido inflamável seguido de ignição da poça formada (SILVEIRA, 2005).

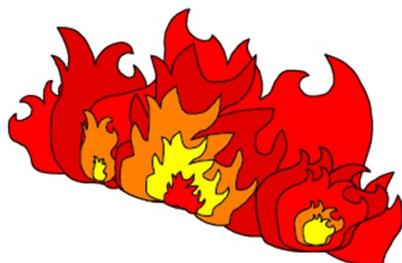


Figura 9: Imagem lustrativa da chama em poça

Fonte: SILVEIRA (2005)

O jato de fogo é resultado da combustão de um material inflamável liberado de um processo pressurizado e possui seus efeitos de radiação térmica localizados.



Figura 10: Imagem lustrativa da chama em jato

Fonte: SILVEIRA (2005)

3.1.4 Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional - SGSO

Com o avanço da exploração e produção de petróleo, e com os desastres registrados na indústria do petróleo, o Brasil vem investindo fortemente em segurança operacional, com a aprimoração da gestão do sistema de proteção e combate a incêndio das plataformas, com finalidade prover respostas rápidas para extinguir, mitigar ou até retardar a possibilidade de propagação de incêndio para outras áreas adjacentes.

Desde 2007, a Agência Nacional do Petróleo (ANP) é responsável por estruturar a regulamentação para a segurança operacional em atividades de exploração e produção de petróleo em instalações marítimas. Através da Resolução ANP nº 43/2007, criou-se o Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional, primeiro regulamento de segurança operacional no Brasil, com foco em ações preventivas. O SGSO implementa 17 boas práticas de gestão a serem seguidas pelas empresas do mundo offshore, que são analisadas em auditorias periódicas realizadas pela ANP, além de regulamentar a obrigatoriedade da execução de auditorias internas, com a elaboração de relatórios abrangendo as não conformidades identificadas no sistema de gestão de segurança (ANP, 2015).

Após a realização da auditoria interna, são estabelecidos prazos de acordo com a Resolução da ANP nº37/2015 (ANP, 2015) para o operador corrigir as pendências por meio do preparo de um plano de ação, abrangendo medidas imediatas, corretivas e preventivas.

A ANP ao longo dos anos implementou outros regulamentos além do SGSO, que é demonstrado abaixo na linha do tempo.

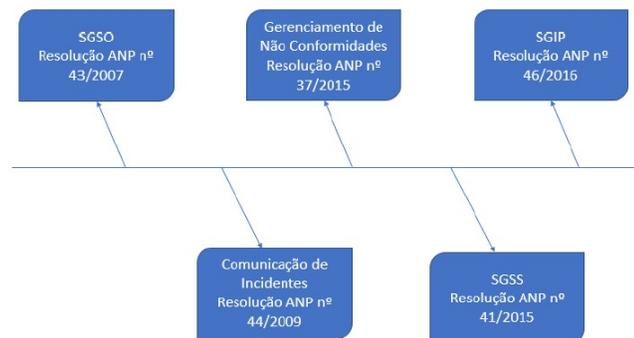


Figura 10: Histórico de Segurança Operacional da ANP

Fonte: SOUZA, 2019



Figura 11: Regulamentos Técnicos de Segurança Operacional da ANP para Instalações Marítimas

Fonte: SOUZA, 2019

Abaixo, encontra-se algumas das boas práticas do SGSO relacionada a proteção passiva contra incêndio:

Tabela 1: Práticas de gestão do SGSO

Prática de gestão
PG 1 - Cultura de segurança, compromisso e responsabilidade gerencial
PG 2 - Envolvimento do pessoal
PG 4 - Ambiente de trabalho e fatores humanos
PG 6 - Monitoramento e melhoria contínua do desempenho
PG 7 - Auditorias
PG 9 - Investigação de incidentes
PG 11 - Elementos críticos de segurança operacional
PG 12.1 - Identificação e análise de riscos (estudos qualitativos)
PG 12.2 - Identificação e análise de riscos (estudos quantitativos)
PG 12.3 - Identificação e análise de riscos (sondas)
PG 13.1 - Integridade mecânica (<i>blowout preventer</i> - BOP)
PG 13.2 - Integridade mecânica (contenção primária)
PG 13.3 - Integridade mecânica (sistemas rotativos)
PG 13.4 - Integridade mecânica (sistemas críticos)
PG 16 - Gerenciamento de mudanças

Fonte: Guia de Boas Práticas Para Auditorias Internas de SGSO

3.2 Metodologia

A metodologia utilizada para elaborar este trabalho contou com levantamento de referencial bibliográfico como: artigos científicos, normas e regulamentos nacionais e internacionais, catálogos de materiais, lições aprendidas em auditorias da SGSO e da experiência adquirida ao longo de um ano e meio de estágio, atuando com escopo de PPCI em uma empresa do ramo offshore, a SBM Offshore.

O trabalho foi desenvolvido a partir da análise situação-problema dos desvios encontrados no gerenciamento do escopo de PPCI, como os planos de inspeção e manutenção, através do documento da ANP intitulado *Alerta de Segurança 002 – ANP/SSM: Gerenciamento da Disponibilidade da Proteção Passiva*.

3.2.1 Desvios Identificados – Auditoria ANP

Segundo o Alerta de Segurança 002 – ANP/SSM Gerenciamento da Disponibilidade da Proteção Passiva, auditorias da ANP realizadas entre os anos de 2015 a 2018 em 13 unidades marítimas de produção e em seus diversos estágios do ciclo de vida, evidenciou falhas no gerenciamento da disponibilidade de PPCI, gerando alguns desvios identificados abaixo:

“Planos de inspeção e manutenção incompletos:

- Ausência de lista detalhada de tarefas a serem executada durante a inspeção;
- Ausência da verificação de toda a PPCI instalada nas unidades;
- Ausência de execução de plano de manutenção de válvulas SDV dos risers, no que tange ao PPCI.

Instalação incompleta ou ausência de PPCI:

- Ausência de instalação de PPCI em conectores dos risers de produção e exportação, tubulação do riser balcony, parte inferior da estrutura da torre de comunicação e bandejamento de cabos de comunicação.
- Instalação incompleta de PPCI em tubulações de poços da área do riser balcony, limitand-se sua aplicação às SDV de chegada de poço e ao trecho de tubulação entre os flanges, excluindo-se os flanges à montante das referidas válvulas de segurança.”

3.2.2 Estratégias para a definição de indicadores

Desejando a melhoria contínua da gestão da segurança operacional em ativos, é expressiva a utilização de estratégias para a implementação de indicadores.

Segundo a HSE UK (2006), indicadores eficientes de segurança de processo para o gerenciamento de risco apresentam caráter proativo e não reativo. Indicadores proativos são responsáveis por apresentar pequenos avisos sobre os sistemas críticos, com o propósito de evitar que um acidente venha a correr, pois é um monitoramento periódico. Já os indicadores reativos, que

utilizam acidentes ou quase acidentes como oportunidade de realizar melhorias na gestão, são monitoramentos baseados em investigação para descobrir pontos fracos na gestão do sistema.

O modelo do queijo suíço, proposto por James T. Reason (1990), traz perfeitamente a explicação do porquê das falhas no sistema de gestão acontecerem, e justifica-se que para um acidente ocorrer, uma série de barreiras de controles de diferentes elementos do sistema de gestão de segurança precisam falhar. Cada barreira de controle é representada por cada fatia do queijo, já as falhas e os desvios encontrados em cada barreira são representados pelos furos e, para que um acidente venha acontecer, todos os furos precisam estar alinhados (CARVALHO, 2009).

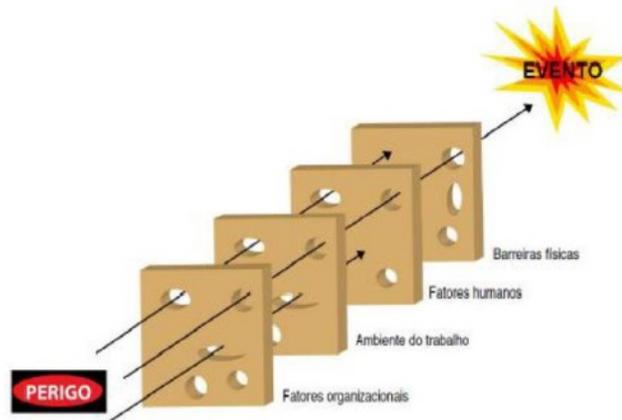


Figura 12: Modelo do Queijo Suíço (Carvalho, 2009)

Vinnem (2006), argumenta que os indicadores reativos e proativos necessitam ser utilizados em conjunto. Pois os indicadores proativos apontam os furos dos sistemas de controle de risco ao longo da realização de monitoramentos periódicos de rotina, ou seja, em cada barreira tem ação do indicador proativo. Já os indicadores reativos, mostram furos nas barreiras descobertas, em razão da ocorrência de um acidente ou quase acidente.

3.3 Elaboração do Sistema de Gestão

Nesta seção, discorreremos sobre o desenvolvimento da elaboração de uma gestão mais eficiente, onde compõem os planos de inspeção e manutenção, descrevendo as etapas que observamos essenciais e que quando colocadas em prática serão eficientes para sanar estes desvios e, desse modo, garantir a segurança operacional

Para a implementação do sistema de gestão relacionado à proteção passiva contra incêndio, utilizaremos a ferramenta de qualidade PDCA, um método de gerenciamento de processos com o objetivo de gerenciamento da rotina e melhoria contínua dos processos. Suas letras significam PLANEJAR, EXECUTAR, VERIFICAR, ATUAR.

Segundo Guia de Boas Práticas para Auditorias Internas de SGSO (2022), o sistema de gestão deve ser dividido em quatro etapas, conforme mostra a figura 13 abaixo.



Figura 16: Trilha de Gestão de auditoria para PFP

Fonte: Adaptado de *Guia de Boas Práticas Para Auditoria Interna (2022)*

Para a criação desta campanha, vamos trabalhar apenas com os itens críticos de *topside*, incluindo itens estrutural e equipamentos. A primeira etapa da campanha de gerenciamento de PPCI, está ligada logo na fase inicial de comissionamento do *FPSO*. Após o dimensionamento do projeto da planta de processamento primário, se faz necessária a criação de um documento que consiga demonstrar de forma clara e eficaz o quantitativo de elementos críticos que necessitam ter PPCI, sejam eles do tipo não removível como as tintas intumescentes, ou removível como o caso das jaquetas/mantas.

A partir desta lista detalhada, é necessário realizar o gerenciamento de dados para proceder a segregação dos *TAGs* a serem inspecionados. Nesta fase, separamos as *SDV's* (*Shutdown Valve*) do *riser balcony* ou as *SDV's* de fronteira do *turret* dos demais *TAG's*,

para, assim, iniciar a criação de planos de ação de inspeção e manutenção de acordo com cada tipo de proteção passiva, como mostra a figura 13 abaixo.

	Inspeção Proteção Passiva Contra Incêndio <ul style="list-style-type: none">• Inspeção realizada em TAG's com PPCI do tipo: tinta intumescente - de estrutura primária, vasos, suportes e tubulação; jaqueta/manta – GRE, clampes e válvulas
	SDV – Inspeção Externa do PFP <ul style="list-style-type: none">• Inspeção necessária para verificação da integridade da jaqueta em todo o sistema da SDV;• Necessário realizar acompanhamento em inspeções de risers, campanha de pull in e pull out• Fundamental a realização por profissionais qualificados e certificados para realizar a remoção e a instalação dos PFP.
	SDV – Inspeção Embaixo do PFP <ul style="list-style-type: none">• Inspeção necessária para verificação de corrosão embaixo do isolamento (CUI);• Se necessário, realizar tratamento e pintura no corpo da SDV;• Fundamental a realização por profissionais qualificados e certificados para realizar a remoção e a instalação dos PFP.

Figura 13: Identificação do escopo de proteção passiva

Fonte: Autoria própria (2022)

A segregação dos tipos de proteção passiva e dos elementos críticos são muito importantes para seguir com a realização dos planos de inspeção e manutenção. Isso se dá porque a aplicação e a manutenção destes itens são bastante distintas e são desempenhadas por técnicos com diferentes qualificações, uma vez que elas têm aplicabilidade e composições diferentes. O escopo de inspeção e manutenção do tipo epóxi intumescente, podem ser desempenhadas por pintores do próprio time de manutenção e integridade da unidade. Já para o escopo de manta/jaquetas é necessário contratar um *vendor* certificado e qualificado pelo fabricante para realizar a manutenção.

3.3.1 Inspeção Visual

O primeiro plano de ação está relacionado com a inspeção visual do PPCI. Após a segregação dos TAG's pelo tipo de proteção passiva e do tipo de elemento crítico como mostrado na figura 13, é necessário criar ordens de serviço do tipo de inspeção para estes três escopos no sistema de gestão da empresa, indicando a periodicidade de inspeção, podendo ser a cada 12 meses ou a cada 24 meses, a depender do procedimento da empresa.

Esta inspeção tem como objetivo analisar a integridade das proteções passivas, diante do estado da condição externa e interna junto com a sua resistência de performance de proteção durante um incêndio e classificá-las em severidade 1, severidade 2 e conforme, possível ver na imagem 14 a especificação de cada severidade e na figura 15 exemplos de cada severidade.

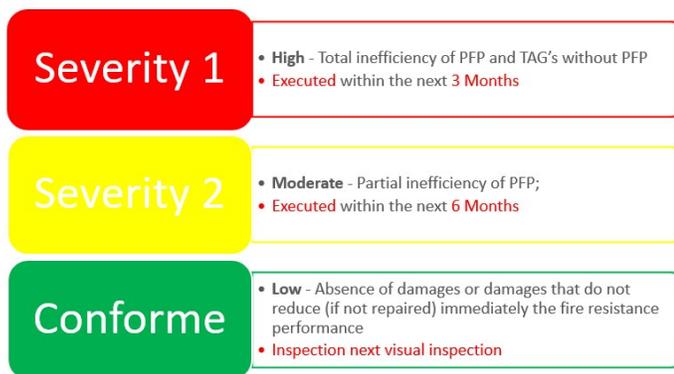


Figura 14: Classificação da Integridade de PPCI

Fonte: Aatoria Própria (2022)



Figura 15: Imagens relacionadas a classificação de integridade de PPCI

Fonte: Aatoria Própria (2022)

Já realizada a inspeção, agora é a etapa da verificação, onde é realizada a criação de relatórios como evidência desta ação. Nestes relatórios é importante a colocação de todas as informações necessárias para poder proceder com a criação do plano de manutenção, classificada como etapa da atuação. Informações imprescindíveis que necessitam de ter nos relatórios de evidência são: data de início e fim da inspeção; o número da ordem de serviço de

22

inspeção; assinatura do responsável pela disciplina, pela execução da inspeção, do engenheiro de manutenção e do superintendente de manutenção; a relação de *TAG's* a serem inspecionados junto com a classificação da severidade encontrada durante a inspeção e, caso seja encontrada severidade 1 e 2, adicionar o número da ordem de serviço de reparo para que eles sejam rastreados e executados posteriormente; a descrição dos desvios encontrados como: a ausência de PFP, a degradação devido a corrosões ou a intemperismos; informações de possíveis responsável pela execução do reparo.

3.3.2 Plano de Manutenção

O plano de manutenção, é responsável por tratar os desvios identificados durante a inspeção. Esta etapa compreende desde a abertura da ordem de reparo no sistema de gestão da unidade, do reparo em si realizado para recuperar a integridade do PPCI, realização de análise de risco caso seja necessário para algum *TAG* que esteja com ausência de PPCI ou com severidade 1.

Abaixo encontramos um fluxograma detalhando o plano de manutenção com algumas ações a serem tomadas a depender da criticidade do PPCI.

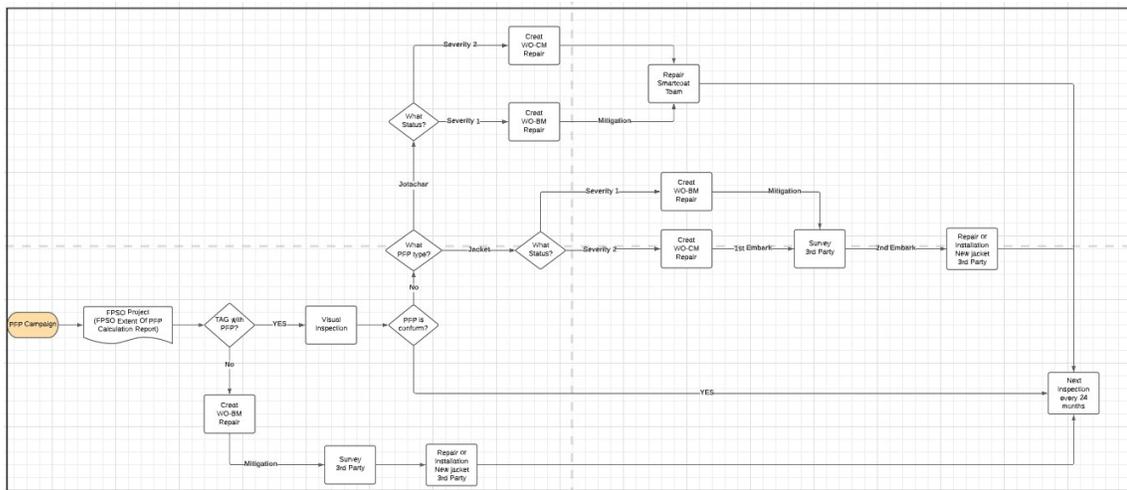


Figura 16: Fluxograma

Fonte: Autoria Própria (2022)

Além de executar e realizar um plano de manutenção para as ordens de serviço de reparo geradas pela inspeção visual, é importante realizar em paralelo um plano de manutenção de proteção passiva nas SDV's.

3.3.2.1 Plano de Manutenção *Shutdown Valves*

Ao longo do ano, as SDV's encontradas no *riser balcony* podem passar por campanhas de *pull in*, *pull out* e por inspeções de *risers* ou nos conectores ópticos. E podem ter suas proteções passivas danificadas caso não haja a remoção corretamente devido à falta de gestão. Estas ações mais as ações de intempéries podem ocasionar a degradação por completo destes materiais e provocando a ausência do mesmo nas válvulas. As jaquetas de PFP das SDV's são fabricadas sobre medidas para cada uma, com isso, tornando-se um problema quando ocorrem a degradação delas, pois para este tipo de proteção, não existe ação mitigatória, pois ou você as tem ou você não as tem. Devido a isto, uma solução proposta como ação mitigatória, é a compra de jaquetas sobressalentes para os diferentes tamanhos de válvulas encontradas no *riser balcony*.

Outra necessidade de se incluir no plano de manutenção das SDV's, são as campanhas para realizar a integridade no corpo das SDV's, como o tratamento, pintura e preservação dos *flanges*. Materiais como as mantas/jaquetas, apresentam desvantagens em sua utilização, pois podem facilitar a corrosão na superfície do equipamento de forma imperceptível. Esta corrosão acontece devido ao acúmulo de água/umidade embaixo do revestimento, e são identificadas como CUI (*Corrosion under Insulation*), este problema pode gerar custos elevados com reparos e troca dos equipamentos caso não seja realizada campanhas de inspeção abaixo do PPCI. Na figura abaixo, fotos de etapas desta campanha realizada durante o estágio na operadora.



Figura 17: Etapas Campanha de Inspeção abaixo do PPCI

Fonte: Autoria Própria (2022)

4 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou a importância da utilização em unidades marítimas de produção e da realização de uma gestão eficiente de proteção passiva contra incêndio, uma vez que ela é classificada como elemento crítico de segurança operacional. E que, quando identificados desvios durante as auditorias SGSO devido a falhas no gerenciamento deste escopo, possíveis consequências podem ocorrer após um evento acidental, e por muitas vezes, até ocasionar um desastre.

A criação de uma campanha de gestão eficiente de PPCI, com a elaboração de um plano de gestão de inspeção e manutenção, se faz extremamente necessária, quando temos em um único FPSO uma grande relação na quantidade de TAG's que necessitam estar protegidos com a proteção passiva contra incêndio, seja ela do tipo removível como a jaqueta, ou do não removível como o epoxi intumescente. Dentro desta campanha, encontramos o plano de inspeção periódica, para gerenciar a integridade do PPCI ao longo de sua vida útil e da vida útil do ativo, e caso necessário, realizar o acompanhamento deste reparo dentro do sistema de gestão da empresa, com a criação de *ordem de serviço*, sistema de manutenção regular nas jaquetas, por conta do intemperismo sofrido pela ação do sol e da chuva, e na aplicação de epoxi intumescente, uma vez que com o tempo se faz necessário realizar pequenos reparos devido aos pontos de corrosão que surgem.

O não acompanhamento periódico de inspeções e manutenções nas proteções passivas contra incêndio podem gerar não conformidades durante as auditorias

Além disso, para as SDV's, notou-se que por necessitarem de projetos próprios por apresentarem diferenças de tamanho, é proposto como uma ação mitigatória a compra de jaquetas sobressalentes para cada tamanho, uma vez que, se uma SDV com fluido de hidrocarboneto estiver sem PPCI, pode ocasionar a interdição da unidade junto com multa. Pois trata-se de elementos críticos de operação, e caso ocorra um incidente, teremos um efeito domino se estas SDV's estiverem descobertas.

5 SITIOS

ALERTA de Segurança 002 - ANP/SSM: Gerenciamento da Disponibilidade da Proteção Passiva. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional-e-meio-ambiente/incidentes/arquivos-alertas-de-seguranca/alerta-02/alerta-de-seguranca_002_ssm_ppci_producao_offshore.pdf. Acesso em: 20 dez.2022

Extintor de Incêndio. *Teros*. Disponível em: <https://terosincendio.com.br/extintor-de-incendio/>. Acesso dia 21 dez. 2022

FPSO Cidade de Ilhabela entra em operação no campo Sapinhoá, no pré-sal da Bacia de Campos. *Petrobras*. Disponível em: <https://petrobras.com.br/en/news/fpso-cidade-de-ilhabela-goes-into-operation-in-the-sapinhoa-field-in-the-santos-basin-pre-salt-cluster.htm>.

Acesso em: 21 dez. 2022.

Intumescente. *Zago Engenharia*. Disponível em: <https://zago.cc/intumescente.php>. Acesso em: 21 dez. 2022.

Pintura Intumescente: Proteção de superfícies em situação de calor extremo. *Salini Pintura Industrial*. Disponível em: <https://www.salini.ind.br/servico/13/revestimento-intumescente->. Acesso em 21 dez. 2022

6 REFERÊNCIAS

AZEVEDO, Rodolfo Ornelas de. **Proteção Passiva Contra Incêndio em Plataformas Offshore**. Rio de Janeiro, 2021

BOURBIGOT, S.; SAMYN, F.; TURF, T. and DUQUESNE S. **Nanomorphology and reaction to fire of polyurethane and polyamide nanocomposites containing flame retardants**. *Polymer Degradation and Stability*, v. 95, p. 320-326, 2010.

CARVALHO, J.A.B.; **Uma proposta de agrupamento de indicadores para a avaliação da efetividade da segurança de usinas nucleares**, M. Sc., Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

GUIA de boas práticas para auditorias internas de SGSO. Organizado por Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Associação Brasileira

das Empresas de Serviços de Petróleo, International Association of Drilling Contractors. Rio de Janeiro: IBP, 2022

FAZENDA, J. M. R. **Tintas e Vernizes: Ciência e Tecnologia**. Volume 1. 2 ed. São Paulo: ABRAFATI, 1995 a

FAZENDA, J. M. R. **Tintas e Vernizes: Ciência e Tecnologia**. Volume 1. 2 ed. São Paulo: ABRAFATI, 1995 b

FERREIRA, Doneivan F. & HONORATO, Nicolás. **Manual do operador de produção de petróleo e gás**. Campinas, SP: Komedi, 2011.

FERREIRA, W. G., CORREIRA, E. V. S., AZEVEDO, M. S., **Dimensionamento de estruturas de aço e mista em situação de incêndio**. Vitória: Grafer, 2006. 138p.

FRANÇA, J. E. M. **Alocação de Fatores Humanos no Gerenciamento de Riscos de Sistemas Complexos Offshore**. Dissertação. Universidade Federal do Rio de Janeiro, ESCOLA Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2014.

MACHADO, L. C. **Processamento Primário de Fluidos na Produção de Petróleo**. Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT - SERGIPE, v. 2, n. 3, p. 11-20, 25 mar. 2015.

PIMENTA, Luciana Bispo. **Simulação Dinâmica de Planta de Condicionamento de Gás Natural em Plataforma Offshore**. 2011. 108f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/266786>>. Acesso em: 10 dez. 2020.

SOUZA, Eduardo José do Nascimento. **Uma Revisão da Literatura dos Principais Indicadores de Segurança Offshore com Foco no SGSO da ANP**. Niterói, 2019

SOUZA, Leôncio de Almeida. **Noções de Processamento Primário de Petróleo**. PETROBRAS. 218 pag.

SOUZA, M. M. De; DE SÁ, S. C.; ZMOZINSKI, A. V.; PERES, R. S.; and FERREIRA, C. A. **Biomass as the Carbon Source in Intumescent Coatings for Steel Protection against Fire**. Industrial & Engineering Chemistry Research, v. 55, p. 11961-11969, 2016

TRINDADE T.; SILVA J. M.; PALMEIRA V.; ANASTÁCIO P. **Introdução à Simulação de Processos**. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2005

SILVEIRA, Cíntia. **Proteção passiva de estruturas e sistemas elétricos contra incêndio aplicada a uma unidade de refino de petróleo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – PROMEC – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.