



Congresso Internacional
de Administração
ADM 2021

24 a 28
de outubro
Ponta Grossa - Paraná - Brasil

**SOBREVIVÊNCIA DAS ORGANIZAÇÕES
EM TEMPOS INCERTOS:**

O papel dos gestores e do ambiente externo
no sucesso e no fracasso organizacional.

SIMULAÇÃO QUANTITATIVA VOLTADA PARA CONFIABILIDADE EM REFINOS DE PETRÓLEO

QUANTITATIVE SIMULATION AIMED AT RELIABILITY IN PETROLEUM REFININGS

ÁREA TEMÁTICA: ADMINISTRAÇÃO DA INFORMAÇÃO

Adriano Matos de Oliveira, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, Email

Jeffson Veríssimo de Oliveira, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, jeffsonverissimo@gmail.com

Paulo Vitor dos Santos Gonçalves, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, santospaulo.eng@gmail.com

Émerson F. Neves dos Santos, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, emersonfelipe1717@gmail.com

Marina Bouzon, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, marinabouzon@gmail.com

Resumo

Cada vez mais os acidentes industriais são constantes, trazendo desastres ambientais, econômicos e sociais. Neste sentido, há estudos que buscam, através da Análise Quantitativa de Riscos (AQR), suporte para tomadas de decisões no que se refere à segurança da instalação de refinis de petróleo. A AQR é um dos componentes fundamentais para um programa de gerenciamento de riscos, de tal forma que venha a colaborar para a alocação de recursos para a minimização dos riscos. Nessa perspectiva, este trabalho de investigação, tem como objetivo principal, avaliar o processo de refino em uma tubulação de uma indústria petroquímica, focando em dois cenários: explosões e incêndios em nuvem (*Flash Fire*), buscando estimar as zonas de alcance dos possíveis efeitos, para, em consequência, quantificá-los e propor medidas preventivas e mitigadores. Como suporte metodológico, utilizou-se o *software ALOHA*, para identificar as zonas de alcance dos acidentes. Paralelamente, realizou-se uma pesquisa bibliográfica, procurando enfatizar a realização de tarefas insalubres e perigosas em refinis de petróleo. Os resultados permitiram estimar as zonas de alcance dos dois cenários de estudo, podendo observar, também, a pressão (dada em Psi) com a qual eles ocorrem. Assim, observa-se que o *software* é um instrumento de grande importância para o alcance e identificação dos possíveis efeitos sobre os refinis petroquímicos.

Palavras-chave: Análise; Confiabilidade; Riscos; Refino de petróleo.

Abstract

More and more industrial accidents are constant, bringing environmental, economic and social disasters. In this sense, there are studies that seek, through the Quantitative Risk Analysis - AQR, support for decision making regarding the safety of the installation of oil refineries. AQR is one of the fundamental components of a risk management program, in such a way that it will collaborate in the allocation of resources to minimize risks. In this perspective, this investigation work has as main objective, to evaluate the refining process in a pipeline of a petrochemical industry, focusing on two scenarios: explosions and cloud fires (*Flash Fire*), seeking to estimate the range of possible effects, in order to quantify them and propose preventive and mitigating measures. As a methodological support, the *ALOHA* software was used to identify the accident coverage areas. At the same time, bibliographic research was carried out, seeking to emphasize the performance of unhealthy and dangerous tasks in oil refineries. The results allowed estimating the ranges of the two study scenarios, being able to observe, also, the pressure (given in Psi) with how they occur. Thus, it is observed that the software is an instrument of great importance for reaching and identifying the possible effects on petrochemical refining.

Keywords: Analysis; Reliability; Scratches; Refining.

1. INTRODUÇÃO

Devido à demanda crescente no mundo, a taxa de produção industrial possui evoluções constantes, advindas de grandes quantidades de produções dos mais variados produtos. No entanto, mesmo com controles tecnológicos cada vez mais avançados, esses tipos de processos causam grandes acidentes industriais ampliados, trazendo catástrofes em diversos segmentos. De acordo com Sousa (2013), as consequências atingem a saúde das pessoas (trabalhadores e vizinhança), destroem patrimônios e causam impactos ambientais de elevadas magnitudes.

O acidente em uma fábrica de Bhopal (Índia), por exemplo, foi um dos maiores acidentes industriais ampliados do mundo. O desastre, além de matar cerca de oito mil pessoas em apenas 3 dias, também causa, até hoje, problemas de saúde nas pessoas, afetando (até meados de 2016) cerca de 150 mil pessoas (SILVA, 2016). Já em 2001, no Brasil, uma explosão na Bacia de Campos (plataforma P-36), causou a morte de 11 operários da Petrobrás (PEREIRA; QUELHAS, 2010).

Assim, é primordial que existam investimentos que minimizem a ocorrência desses acidentes, sejam eles governamentais ou não. Dessa forma, dentre os variados estudos preventivos, destaca-se a confiabilidade, que, segundo Fagundes *et al.* (2011) são estudos que buscam desenvolver sistemas que, em um determinado espaço de tempo, executem as suas funções estabelecidas, com qualidade e sem que haja falha.

Nessa perspectiva, a investigação tem como objetivo principal avaliar o processo de análise de confiabilidade de riscos, em uma tubulação de uma indústria petroquímica, focando em dois cenários: explosões e incêndios em nuvem (*Flash Fire*). Busca-se estimar, através da aplicação do *software* ALOHA, as zonas de alcance dos possíveis efeitos, quantificando-os para, em consequência, propor medidas preventivas e mitigadores.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 HISTÓRICOS DE ACIDENTES INDUSTRIAIS

Na indústria petrolífera, as atividades realizadas em qualquer etapa do processo são percebidas como de risco potencial de acidentes de trabalho e contaminação ambiental.

Segundo CETESB (2008), acidente ambiental pode ser definido como sendo qualquer evento atípico, indesejado e imprevisto, com potencial para causar prejuízos diretos ou indiretos à saúde humana e ao meio ambiente. E tais acidentes podem ser classificados em dois tipos, de acordo com suas origens: acidentes naturais e tecnológicos.

Os acidentes naturais são aqueles que reportam às ocorrências causadas por fenômenos da natureza, cuja grande maioria independe das intervenções humanas, tais como terremotos, maremotos e furacões e os acidentes tecnológicos são as ocorrências geradas pelas atividades desenvolvidas pelo homem, normalmente relacionadas com a manipulação de substâncias químicas perigosas (CETESB, 2008).

A única base de dados de registros de derramamentos de óleo no Brasil com acesso público é A Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental – CETESB, do Estado de São Paulo é a única base de dados de registros no que se refere a derramamentos de óleo no Brasil com acesso público. Algumas páginas eletrônicas apresentam resumos e listas de incidentes, sem maior conteúdo de detalhes (SOUZA FILHO, 2006).

No Brasil, os registros envolvendo derramamento de óleo com volume igual ou superior a 6.000 m³ ocorreram com petroleiros; alguns com oleodutos provocaram contaminação acentuada e

os registrados com plataformas de exploração e produção apresentam, comparativamente, pequenos volumes derramados (SOUZA FILHO, 2006).

Segundo Pires (2012), um dos últimos acidentes envolvendo refinarias foi ocorrido no ano de 2010, nos Estados Unidos – EUA, um evento envolvendo técnicas e equipamentos de controle de poços permitiu que hidrocarbonetos escapassem de forma descontrolada do poço Macondo na direção da Plataforma Semi-submersível DeepHorizon, da Transocean. Explosões, incêndio por 36 horas a bordo, 11 mortos, 17 feridos, vazamento do reservatório através do poço e do equipamento de controle de poço (BlowoutPreventer – BOP) por 87 dias foram alguns dos prejuízos.

O Brasil está inserido no panorama de ocorrência de graves acidentes envolvendo o refino de petróleo. Um dos exemplos a ser citado é o do ano de 1972, na Refinaria Duque de Caxias (REDUC), em Duque de Caxias, Rio de Janeiro, resultando em 38 óbitos. Outro acidente foi o do ano de 1982, na Refinaria Henrique Lage (REVAP), em São José dos Campos, São Paulo, com 11 óbitos. Em 1998 a Refinaria Gabriel Passos (REGAP), em Betim, Minas Gerais, entraria para aumentar o índice de acidentes em refinarias, pois viria a óbito 6 pessoas. Em seguida, no ano de 2000, no Rio de Janeiro, em janeiro, e no Paraná, em julho, estes com elevado impacto ambiental resultante da poluição aquática por derramamentos de derivados de petróleo (ANUÁRIO BRASILEIRO DE PROTEÇÃO, 1999).

No Brasil um acidente ocasionado foi o da plataforma P-36, ela naufragou em 20 de março de 2001 com 11 vítimas fatais. Diversas são as causas que podem ocasionar acidentes, mas segundo a Agência Nacional do Petróleo (ANP, 2001) em conjunto com a Marinha do Brasil identificou o evento crítico como sendo a operação de esgotamento de água do tanque de drenagem de emergência da coluna de popa bombordo, iniciada no dia 14 de março de 2001 (PIRES, 2012).

2.2 REFINO DE PETRÓLEO

Uma das fontes de energia mais utilizadas no mundo é o petróleo. No estado em que é obtido ele não tem muita serventia. Para que o petróleo seja utilizado de forma significativa, explorando todo o seu potencial energético ele passa por diversos processos que constituem o refino de petróleo.

O petróleo é uma das principais fontes de energia utilizadas pela humanidade. Seus derivados servem como matéria-prima para a manufatura de inúmeros bens de consumo, fazendo com que sua participação na economia mundial seja cada vez mais marcante (MARIANO, 2001).

O petróleo é uma mistura complexa de compostos orgânicos e inorgânicos na qual se predominam os hidrocarbonetos. Por possuir poucas aplicações práticas é preciso que o petróleo seja submetido a processos de separação, para que seu potencial energético seja aproveitado de forma plena. As diversas propriedades de petróleos têm influência sobre o projeto de refino aderido e determinam o perfil de produção de uma refinaria. (KLERK, 2012).

Os principais grupos que constituem o petróleo são os hidrocarbonetos saturados, os hidrocarbonetos aromáticos, as resinas, os asfaltenos, e os contaminantes orgânicos e metálicos (BRASIL *et al.*, 2011).

O refino de petróleo constitui a separação deste insumo, via processos físico-químicos, em fração de derivados, que são realizados em unidades de separação e conversão até os produtos finais, classificados como: combustíveis (gasolina, querosene, diesel, entre outros); produtos acabados não combustíveis (lubrificantes, asfalto e graxas); e intermediários da indústria química (propano, butano, nafta, etc.) (SZKLO, 2005).

2.3 ANÁLISE QUANTITATIVA DE RISCOS – AQR

De acordo com a AIChE (2000), risco é uma combinação de evento, probabilidade e consequências: uma forma de consequências a seres humanos e meio ambiente e de perdas econômicas, no que se refere a probabilidade do acidente e a grandeza das consequências.

A Análise Quantitativa de Riscos – AQR tem por finalidade servir como suporte para a tomada de decisões no que se refere a segurança da instalação, de comunidades circunvizinhas e do meio ambiente. Salientando a AQR como um dos componentes fundamentais para um programa de gerenciamento de riscos, de tal forma que venha a colaborar para a alocação de recursos para a minimização dos riscos.

Pode-se observar que a AQR também pode ser executada devido a exigências do órgão regulamentador nos processos de concessão ou renovação de licenciamento ambiental para a instalação. Como de acordo com CETESB (2003, p. 2).

No Brasil, em particular no Estado de São Paulo, com a publicação da Resolução No 1, de 23/01/86, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que instituiu a necessidade de realização do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, os estudos de análise de riscos passaram a ser incorporados nesse processo, para determinados tipos de empreendimentos, de forma que, além dos aspectos relacionados com a poluição crônica, também a prevenção de acidentes maiores fosse contemplada no processo de licenciamento (CETESB, 2003).

2.3.1 ETAPAS DA AQR

A AQR busca identificar todos os locais possíveis de acidente que podem vir a ocorrer em uma determinada instalação, calculando a frequência esperada de ocorrência e as consequências combinadas com cada um destes três fatores. O primeiro cenário fornece o detalhamento completo do cenário de acidente, identificando o fator causador do acidente. O segundo cenário está relacionado a frequência esperada de ocorrência do cenário de acidente. O terceiro cenário corresponde às consequências inoportunas previstas no caso de ocorrência deste cenário. Para caracterizar perfeitamente esses três elementos é preciso o conhecimento referente a eles.

A Figura 1 ilustra o processo de Análise Quantitativa de Risco. Este processo pode ser dividido em 5 etapas; são elas (CETESB, 2003):

- a) Caracterização do sistema a analisar;
- b) Identificação de perigos e consolidação dos cenários de acidentes;
- c) Estimativa das consequências dos acidentes – análise de vulnerabilidade e efeitos físicos;
- d) Estimativa das frequências de ocorrência dos acidentes;
- e) Estimativa e avaliação dos riscos.

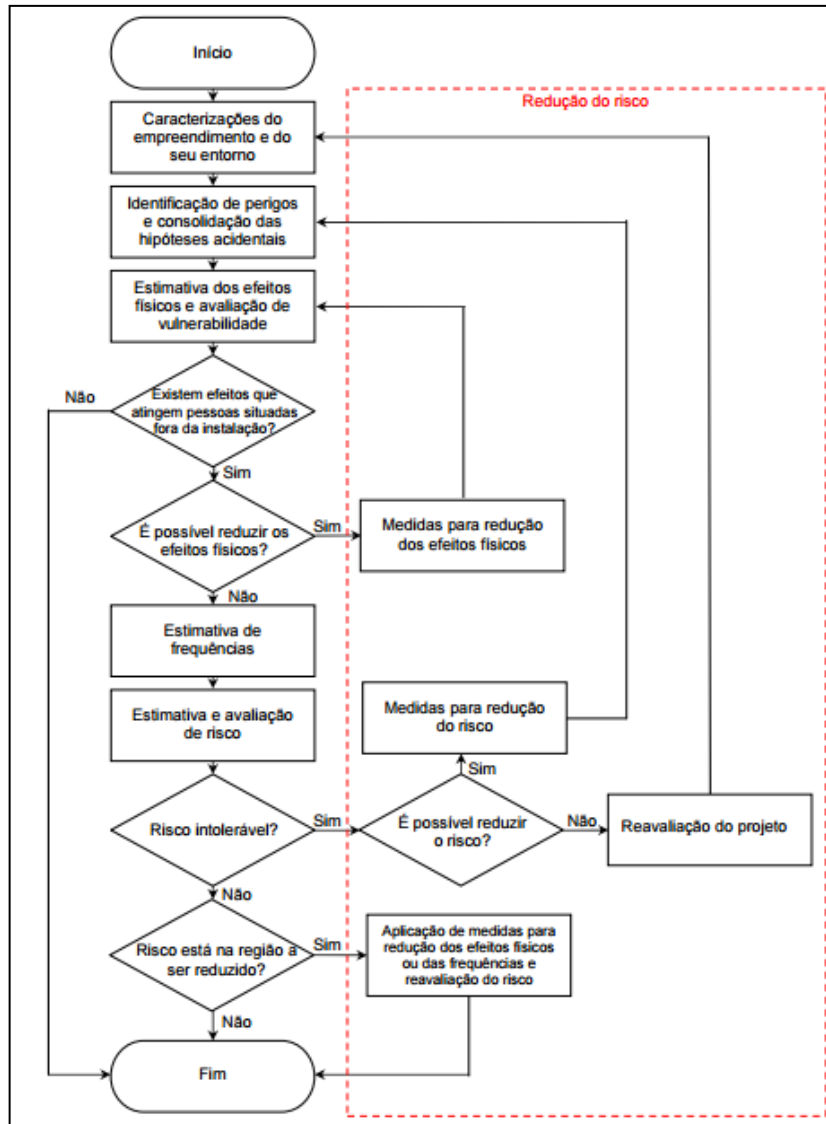


Figura 1 – Etapas para elaboração de estudo de análise de riscos

Fonte: CETESB (2003)

O importante é perceber que AQR é um processo dinâmico. Após a etapa “e) Estimativa e avaliação dos riscos”, deve-se verificar se os riscos são aceitáveis ou não. Se não forem, a AQR precisará ser refeita e os resultados novamente avaliados. Este processo repete-se até que os riscos sejam toleráveis.

O conhecimento no que se refere aos perigos é um processo qualitativo da análise de risco, e tem por finalidade identificar todos os eventos iniciadores de incidentes, com concretização dos cenários acidentais e uma hierarquização dos riscos integrados. Tudo isso é possível por intermédio da Análise Preliminar de Riscos - APR. O risco, a causa associada, os efeitos físicos, a categoria de severidade e observações e recomendações são fatores que devem conter nessa análise.

2.4 CENÁRIOS POSSÍVEIS

Há diversos perigos em um processo de refino de petróleo. Esta seção aborda dois deles: explosão e *Flash Fire*

2.4.1 EXPLOSÃO

A resolução 420 da ANTT (BRASIL 2004, p. 41), “conceitua substância explosiva como sendo uma substância sólida ou líquida (ou mistura de substâncias) por si mesma capaz de produzir gás, por reação química, temperatura, pressão e velocidade tais que provoque danos à sua volta”. O conceito físico explica que explosão constitui uma rápida e violenta liberação de energia associada à expansão de gases.

Segundo Lees (2012), a explosão de uma nuvem de vapor inflamável em uma unidade petroquímica é um tipo de acidente que tem consequências mais rígidas que incêndios ou mesmo liberação de nuvens tóxicas.

De acordo com AIChE (2000) explosão pode ser definida como uma rápida expansão de um gás pressurizado em que a energia resultante da liberação é dissipada na forma de onda de choque. Esse fenômeno se dar com uma liberação de energia em um volume menor em um intervalo de tempo muito pequeno.

2.4.1.1 SOBREPRESSÃO

É preciso conhecer a pressão gerada pela propagação da onda de choque, na qual é resultado da explosão de um explosivo químico a uma dada distância do foco, sabendo disso, é possível, diante dos parâmetros citados, dimensionar uma cabeça-de-guerra que cause no alvo o dano esperado, de acordo com a distância máxima entre o ponto que será detonado e o alvo.

Neste cenário, Kinney & Graham (1985) fornecem equações para determinação destes parâmetros conforme (1) e (4), complementadas pelas equações (46) e (47):

$$W=1,2x(FxCFxC)$$

Onde:

- F = Fator de eficiência do explosivo em relação ao TNT;
- C = Massa do explosivo em questão;
- CF = Fórmula de Fano (fator de casco);
- 1,2 = Fator para máximo efeito direcional.

A Tabela 1 traz exemplos da variação de pressão, causada pela onda de choque, com os relativos danos sofridos pelas diversas partes das estruturas.

DANO	Variação de pressão	
	Bar	psi
Quebra de vidraças	0,01 - 0,015	0,15 - 0,22

Danos mínimos em construções	0,035 - 0,075	0,52 - 1,12
Danos em painéis metálicos	0,075 - 0,125	1,12 - 1,87
Falha de painéis de madeira (construções)	0,075 - 0,15	1,12 - 2,25
Falha em paredes de tijolos	0,125 - 0,2	1,87 - 3
Rompimento de tanques de refinarias	0,2 - 0,3	3 - 4,5
Danos em edifícios (estruturas metálicas)	0,3 - 0,5	4,5 - 7,5
Danos em estruturas concretas	0,4 - 0,6	6,0 - 9,0
Provável destruição total da maioria das construções	0,7 - 0,8	10,5 - 12

Tabela 1 - Efeito de Onda de Choque Sobre Estruturas

Fonte: Kinney e Graham (1985)

Efeito	VARIACÃO DE PRESSÃO	
	Bar	PSI
Suportável (não causa danos)	Até 0,0001	Até 0,0015
Queda	0,07 – 0,1	1,05 – 1,5
Ruptura do tímpano	0,35 – 0,1	5,25 – 15
Lesões nos pulmões	2,0 – 5,0	30 – 75
Morte	7,0 – 15,0	105 – 225

Tabela 2 - Relação de alguns danos causados diretamente aos seres humanos devido às explosões

Fonte: Kinney e Graham (1985)

Segundo Silva (2007), Os efeitos terciários estão diretamente conectados à aceleração ou desaceleração que o corpo humano pode atingir, quando submetido a uma onda de pressão ou quando desacelerado bruscamente ao impactar com alguma barreira.

Perfurar poços e produzir petróleo gera muitos danos aos seres humanos, a fauna e a flora. A forma de minimizar esses danos é estudar maneiras para que os impactos que venham a ser causados tenham uma alternativa de mitiga-lo ou eliminá-lo.

Segundo Figueiredo (2014), não existe nenhuma forma na perfuração e produção de petróleo e seus derivados que não gerem impactos, porém, pode-se produzir com menores impactos e medidas compensatórias, visando realmente a produção sustentável da matriz energética global, para que isso aconteça deve existir um processo de educação ambiental em todos os níveis de formação do ser humano.

2.4.2 FLASH FIRE

Uma definição de *Flash Fire*, obtém-se do manual do TNO (1999), que diz o seguinte: “Um flash fire resulta da ignição de uma nuvem inflamável onde essencialmente não há aumento da taxa de combustão. Na verdade, a taxa de combustão num flash fire aumenta levemente comparada à fase laminar. Este aumento é principalmente devido às influências secundárias do vento e da rugosidade de superfície”.

Segundo AIChE (1994), A radiação e o contato direto com a chama é um dos principais perigos de um flash fire. O tamanho da nuvem inflamável determina a área possível de contato direto com a chama.

Logo, incêndio de nuvem ou “flash fire” é quando se realizada um processo de combustão de forma lenta e progressiva, então, nesse caso tem-se um incêndio em nuvem ou "flash fire". Ocorre usualmente em locais não confinadas e desobstruídas, sem que seja gerada uma onda de sobrepressão significativa.

3. METODOLOGIA

O estudo foi realizado em uma unidade de hidrotreamento de diesel¹, sendo realizado simulações em 2 cenários, com o suporte do *software* ALOHA (programa computacional desenvolvido pela Environmental Protection Agency – EPA e o SLAB), sendo recomendado para a caracterização dos incêndios e explosões na indústria petroquímica, através do modelo probabilístico gaussiano. Vale salientar que, a refinaria de estudo não foi identificada, para preservar o sigilo da empresa.

Em seguida, foi realizada uma Análise Quantitativa de Riscos – AQR individual de cada cenário, levando em consideração as tipologias adotadas, mas verificando os possíveis efeitos para a ocorrência de fissura ou ruptura na tubulação.

A Análise Quantitativa de Riscos – AQR possui uma abordagem de cunho sofisticado, que vem com o intuito de ajudar na tomada de decisão de escolha entre diversas alternativas para a minimização de riscos em relação ao problema abordado.

A elaboração de uma AQR possibilita a estimativa numérica de riscos, sendo um suporte no processo de identificação das sequências de acidentes e vulnerabilidades no que se refere a planta, julgando o projeto e os riscos envolvidos na operação.

¹ Não identificada por motivos de ética profissional.

Inicialmente, para assegurar todos os efeitos positivos sobre os materiais já elaborados sobre o tema investigado, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, pois, segundo Gil (2009 p. 44) “a pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos”. Esta pesquisa é considerada exploratória, descritiva e aplicada, uma vez que proporciona aos pesquisadores uma visão nítida sobre o objeto de estudo. Caracteriza-se exploratória, pois existe pouca utilização de ferramentas estratégicas. Considera-se descritiva, pois foi formulado um roteiro com variáveis que influenciam interna e externamente o objeto de estudo. Tem caráter aplicado, devido à facilidade de lidar e resolver os reais problemas em questão.

Objeto de Estudo	Análise de Risco - Petroquímica
Abordagem Metodológica	Quali-quantitativa
Tipo de Pesquisa	Bibliográfica e descritiva
Forma de Estudo	Exploratória
Instrumento para Análise Dados	Software ALOHA
Variáveis de Estudo	

. Ficha técnica da investigação

Fonte: Elaborado pelos autores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A simulação foi realizada em uma tubulação da Unidade de Hidrotratamento de Diesel de uma refinaria (não citada por questões de sigilo da empresa). A Figura 2 possui a representação do trecho estudado.

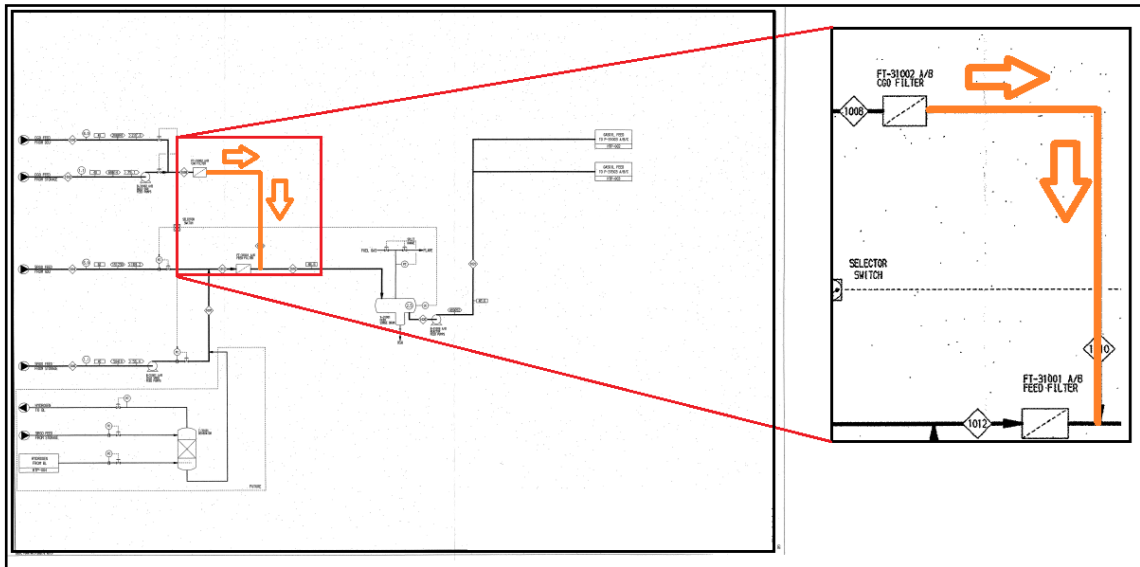


Figura 2 – Trecho da Unidade de Hidrotratamento de Diesel

Fonte: EIA/RIMA (2006)

A tubulação em estudo apresenta uma temperatura de 359,4°C e uma pressão de 123,94atm, considerando o valor do diâmetro hipoteticamente, 2000 vezes o tamanho do diâmetro, devido à falta de dados para tal. Seus principais componentes são: H₂ (gás hidrogênio), CH₄ (metano) e diesel.

Para o cenário de explosões, foram feitas duas simulações, na qual uma representou os efeitos de acidentes em caso de rupturas e a outra em função das fissuras. Vale salientar que, a partir dos dados inseridos, viu-se que, ambas simulações apresentariam efeitos iguais, mesmo com diferenças de diâmetros. Na Figura 3 é possível observar o gráfico gerado para esse cenário.

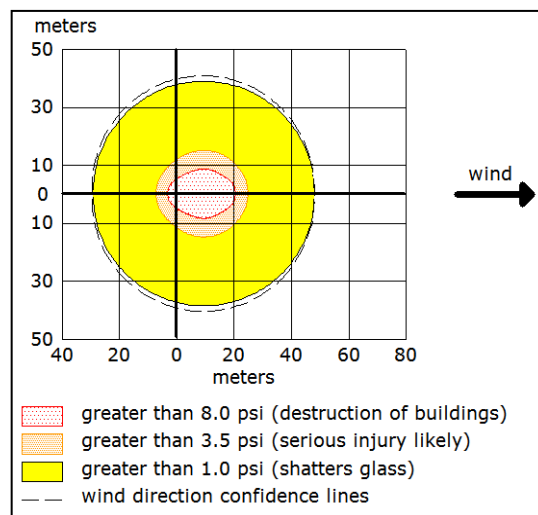


Figura 3 – Simulação para explosões

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

O gráfico observado na Figura 1, gerou dados levando em considerações três zonas de alcance: zona amarela (48 metros), com uma sobrepressão de 1.0 psi, podendo causar problemas as edificações da empresa, como a quebra de vidros, por exemplo; zona laranja (25 metros), gerando uma sobrepressão de 3.5 psi, onde ocorrerão prováveis prejuízos graves, como rompimento dos tanques das refinarias (observado na Tabela 1) e a zona vermelha (21 metros), com 8.0 psi de sobrepressão, o que pode causar destruições de edifícios e rupturas nos tímpanos das pessoas (KINNEY; GRAHAM, 1985).

Já os impactos ambientais, decorrente de explosões, ameaçam a extinção de animais e de plantas, causam erosões no solo, tornam o clima mais seco, as temperaturas mais altas, afetam os edifícios, causando danos às estruturas e painéis de aço, entre outros fenômenos (DA SILVA RODRIGUES *et al.*, 2017).

Para o cenário de *Flash Fire*, o *software* trouxe as seguintes zonas de alcances: zona amarela (63 metros) e zona vermelha (25 metros). A zona laranja não se apresentou no gráfico, pois possui um alcance muito pequeno, o que não permite realizar previsões de dispersões confiáveis. Essa segunda simulação está representada na Figura 4.

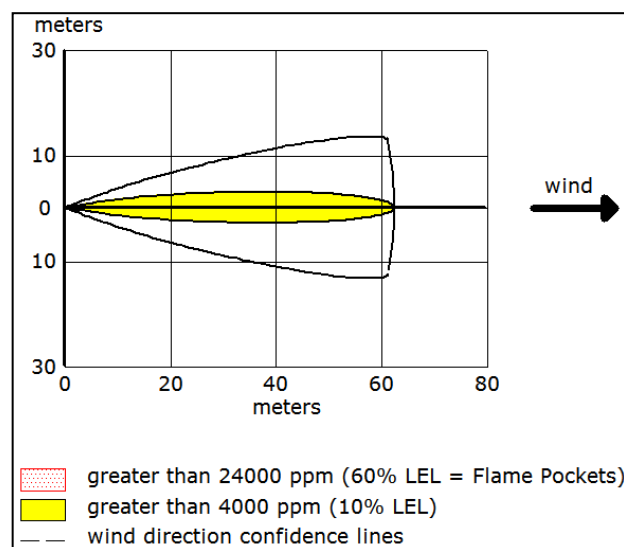


Figura 4 – Simulação para *Flash Fire*

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

O ALOHA modela a liberação de um produto químico que não está queimando, mas que pode pegar fogo, dando a possibilidade de prever a área inflamável da nuvem do vapor, baseado do LEL (Limite Inferior de Explosão/Inflamabilidade) e no UEL (Limite Superior de Explosão/Inflamabilidade).

Se a concentração de combustível-ar estiver abaixo do LEL, não há combustível suficiente no ar para sustentar um incêndio ou uma explosão. E se a concentração de combustível-ar está acima do UEL, não há oxigênio suficiente para sustentar um incêndio ou uma explosão porque há muito combustível.

Sendo assim, o LEL em si, é usado como o LOC (Limite da Concentração de Oxigênio) para determinar as áreas em que um incêndio pode ocorrer, porque o LEL é a concentração acima da qual um gás pode queimar (ou seja, pegar fogo ou explodir, dependendo das condições). No

entanto, os níveis de concentração estimados por ALOHA são concentrações médias ponderadas. Mesmo assim, como observado na Figura 4, a zona amarela teria um efeito de 4000 ppm, que equivale a 10% do LEL. Já a zona vermelha, atingiria 24000 ppm, equivalendo a 60% do LEL.

Esse tipo de efeito gera diversas consequências para pessoas, edificações e meio ambiente. Em caso de impactos ambientais, por exemplo, “diversas repercussões são geradas, o que abala a confiança dos investidores, acionistas, consumidores e outros grupos sociais acarretando prejuízos às empresas” (BAYARDINO, p.24, 2004). Sendo assim, economicamente, a simulação possui uma grande relevância, à medida em que revela as possíveis zonas de alcances desses efeitos, para que medidas de proteção sejam executadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fazendo um diagnóstico geral da análise de confiabilidade de riscos em um refino de petróleo, explorando dois cenários: explosões e incêndios em nuvem (*Flash Fire*), observa-se o alcance das metas estabelecidas no objetivo principal do trabalho, ressaltando a importância do *software* ALOHA para o alcance dos possíveis efeitos, quantificando-os para, em consequência, propor as medidas preventivas.

Uma refinaria causa danos irreparáveis aos trabalhadores, meio ambiente (fauna e flora) e ao próprio complexo em casos de qualquer tipo de ocorrência, mas a análise dos possíveis efeitos e danos, a partir da ocorrência de fissura e ruptura deve ser executada de forma planejada, identificando os entraves para cada suposição. EPC's e EPI's são formas de diminuir os prejuízos humanos em relação aos acidentes no ambiente de trabalho para funcionários da unidade de diesel, sistema de ventilação, sensores de linhas de tubulações, minimizando a casualidade de qualquer tipologia em função da ocorrência da fissura e uma manutenção preventiva para driblar-se da ruptura.

O *software* ALOHA foi utilizado para gerenciar as atividades de riscos. Ele é recomendado para as empresas que desejam utilizar em seus projetos em fase de concepção para eventuais acidentes sejam prevenidos.

Como medidas mitigadoras com relação aos EPI's, os funcionários precisam adotar o uso de macacões assegurando o trabalhador a exposição de produtos químicos e partículas finas, além da utilização de protetores tipo concha, luvas, botas, respiradores com filtros, capacetes e protetores faciais, a depender da atividade e do grau de risco. É importante salientar que antes da utilização dos EPI's os funcionários devem receber treinamentos adequados para a correta utilização dos mesmos, por profissionais devidamente qualificados.

Para o emprego de EPC's, é recomendado a utilização de cones e faixas de sinalização, evitando o trânsito de pessoas não autorizadas em locais de riscos, equipamentos e máquinas devidamente protegidos, garantindo o pleno desenvolvimento das tarefas laborais com segurança e conforto.

REFERÊNCIAS

AIChE – American Institute of Chemical Engineers. Center for Chemical Process Safety. (1994). *Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires, and BLEVEs: CCPS/Guidelines*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.

- AICHe – American Institute of Chemical Engineers. Center for Chemical Process Safety. (2000). *Guidelines for chemical process quantitative risk analysis*. New York: Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers.
- ANP – Agência Nacional de Petróleo. (2001). *Análise do acidente com a plataforma P-36*: relatório da Comissão de Investigação ANP / DPC. (disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional-e-meio-ambiente/incidentes/relatorios-de-investigacao-de-incidentes-1/arquivos-relatorios-de-investigacao-de-incidentes/relatorio-do-acidente-com-a-p-36/relatorio_p-36.pdf).
- Anuário Brasileiro de Proteção. (1999). *Edição Especial de 99*. Porto Alegre: Editora MPF Publicações.
- Bayardino, R. A. (2004). *A Petrobras e o Desafio da Sustentabilidade Ambiental*. Rio de Janeiro. Monografia de bacharelado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Brasil, Ministério dos Transportes, Agência nacional de Transportes Terrestres. (2004). *Resolução nº 420 de 12 de fevereiro de 2004*: Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos. Brasília, DF, 12. fev. 2004.
- do Brasil, N. I., Araújo, M. A. S., & de Sousa, E. C. M. (2000). *Processamento de petróleo e gás*. Grupo Gen-LTC.
- Center for Chemical Process Safety. (2011). *Guidelines for hazard evaluation procedures*. New York: Wiley.
- CETESB. (2008). *Gerenciamento de risco*. (disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/>. Acesso: 02 de jun. 2022).
- CETESB. (2003). *Manual de orientação para elaboração de estudos de análise de riscos*.
- da Silva Rodrigues, A. J., da Silva, M. H. L. F., de Farias, D. O., Teixeira, M. M., de Brito Rocha, M. F., Lins, G. B., ... & Neto, J. D. S. C. (2017, June). Risk reliability analysis, resulting from explosions in petrochemical industries: A case study using Aloha software. In *2017 12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)* (pp. 1-6). IEEE.
- EIA/RIMA. (2006). *Estudo e Relatório de Impacto Ambiental do Empreendimento "REFINARIA DO NORDESTE - RNEST"*. v. 08.
- Fagundes, A., Rocha, A., Barbosa, S., & Carvalho, A. (2011). Estudo de caso: análise quantitativa de confiabilidade e disponibilidade de um torno CNC, baseado na metodologia RCM (Reliability Centred Maintenance), aplicado a área de manutenção industrial. *Anais do XXXI ENEGEP, Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Belo Horizonte: ABEPRO.
- Figueiredo, G. J. de O. (2014). *Análise do ciclo de vida de óleos básicos de lubrificantes automotivos*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Kinney, G. F., & Graham, K. J. (1985). *Explosive shocks in air*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-86682-1>
- de Klerk, A. (2012). *Fischer-tropsch refining* (1º ed). Wiley.
- Lees, F. (2012). *Loss prevention in the process industries: Hazard identification, assessment and control*. Butterworth-Heinemann.
- Mariano, J. B. (2001). *Impactos ambientais do refino de petróleo*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Pereira, A. F. D. A. N., & Quelhas, O. L. G. (2010). Os acidentes industriais e suas conseqüências. In *4th International Conference On Industrial Engineering and Industrial Management* (pp. 652-661).
- Pires, M. M. (2012). *Gestão da Integridade de Barreiras: Fator Chave na Prevenção de Acidentes*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

- Silva, E. B. da. *Meio ambiente no telejornalismo: efeitos de sentido sobre preservação no Nordeste Viver e Preservar*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. Disponível: <http://hdl.handle.net/10183/132857>.
- Silva, W. C. L. (2007). *Blast – Efeitos da onda de choque no ser humano e nas estruturas*. Dissertação de mestrado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP, Brasil.
- Sousa, D. R. V. (2017). *Sistemas de proteção contra incêndio e explosão para prevenção de acidentes industriais ampliados ou para redução de suas consequências*. Trabalho de conclusão de especialização, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Souza Filho, A. M. (2006). *Planos nacionais de contingência para atendimento a derramamento de óleo: análise de países representativos das Américas para implantação no caso do Brasil*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Szklo, A. S. (2005). *Fundamentos do refino de petróleo*. Interciência.
- Thomas, J. E. (2004). *Fundamentos de engenharia de petróleo*. Rio de Janeiro: Interciência.
- TNO, Purple Book. (1999). Guidelines for quantitative risk assessment. *Committee for the Prevention of Disasters, CPR-18E, The Hague, The Netherlands*.