

ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA DE RISCOS EM UMA REFINARIA BRASILEIRA

Alandson de Lacerda Tavares 1 (UFCG) alandsonlt@hotmail.com
Augusto José da Silva Rodrigues 2 (UFCG) augustojrodrigues@gmail.com
José Simões de Araújo Neto 3 (UFCG) simoesneto2@hotmail.com
Maicon Herverton Lino Ferreira da Silva 4 (FACOL) maiconheverton@gmail.com
Mayk Bezerra de Albuquerque Melo 5 (UFCG) mayk_bezerra@hotmail.com

Resumo

Este trabalho teve como finalidade fazer uma análise de risco em uma refinaria de petróleo, no qual foi analisado trechos de tubulação, envolvendo possíveis causas acidentais sobre o aspecto de ruptura ou fissura, e com isso tomar decisões de segurança, que ofereçam boa qualidade de trabalho para os operadores, e garantia de vida e segurança à saúde da população ao redor da refinaria. Para tal estudo utilizou-se o *software* de análise de risco para quantificar e mensurar os efeitos provocados pelos fluídos de hidrogênio, sob diferentes condições de: pressão e temperatura, porem o mesmo diâmetro. O intuito foi de saber quais eram as proporcionalidades tomadas devido ocorresse um acidente, e para tal probabilidade o *software* distinguiu 3 possíveis zonas de gravidades, foram: a zona amarela, no qual, apresenta um risco mais ameno em relação ao ser humano e ao meio ambiente, a laranja que já é um pouco mais agressiva, onde pode deixar lesões graves de curto médio e longo prazo, já a vermelha a mais perigosa, pode danificar e destruir construções e também pode levar ao óbito do operador e dos que se localizam até o raio apresentado pelo ALOHA. Todas essas zonas envolvendo 4 diferentes aspectos são eles: *Jet Fire*, *Flash Fire*, Nuvem tóxica, e Explosão. Nessa perspectiva, o presente trabalho traz uma apuração detalhado dos trechos analisados e auxiliar na tomada de decisão, para assim ofertar um ambiente seguro para os trabalhadores e região circunvizinha, sendo de extrema importância para segurança do trabalho, uma vez que compreendido os riscos, fica fácil tomar precaução e evitar de tal forma danos maiores, de maneira a proteger a saúde física e mental do colaborador no trecho.

Palavras-Chaves: (ALOHA, Refinaria de Petróleo, Análise de Risco)

1. Introdução

Nas últimas décadas o nosso planeta tem vivenciados casos de acidentes em indústrias químicas e petroquímicas, gerando consequências tanto para os seres humanos, quanto para o meio ambiente. Tais acidentes gera uma enorme relevância quando o assunto é segurança no trabalho, assunto que deve ser bem abordado antes de instalações dessas indústrias, no qual podem gerar riscos onde ofereça perigo quanto a denegrir a saúde física e mental do operador quanto da população ao redor da mesma.

O mundo sofreu fortes impactos em relação a esses acidentes, um exemplo foi o que ocorreu em Bophal na Índia, em 1984, devido a um vazamento de isocianato de metila de uma tubulação, onde deixou aproximadamente 4.000 mil mortos, nos quais dentre eles eram operadores e moradores da região, outro exemplo foi em Flixborough (1974) e Seveso (1976). E dentre outros em que estão presentes na história como uma lembrança de tragédia e reflexo de uma falta de análise de risco desde sua fundamentação do projeto, tudo reflexo de uma era pós-revolução industrial o que culminou na instalação de indústria deste tipo, sem oferecer parâmetros mínimos de segurança e conhecimento para os que estão ao redor.

Sobre esse aspecto o referido trabalho traz uma abordagem, na visão de confiabilidade e análise de risco, buscando desta forma quantificar e pressupor futuros danos causados por uma ruptura ou uma fissura, ambos analisados em uma tubulação de hidrotratamento de diesel, buscando assim prever as causas e o que eles podem gerar para aquele local onde o está instalado. Análise quantitativa

de risco (AQR) é quem auxiliará na formação e na colocação de ideias para possíveis danos, com ajuda do software ALOHA, onde através do tipo de químico ou fluido, diâmetro, temperatura, pressão e entre outros, mostrará de maneira detalhada as propagações dos devidos gases liberados e os efeitos no ambiente onde foi propagado, e com isso tomar decisões que busquem, reduzir, evitar futuras consequências para o ser humano e o meio ambiente.

2. Referencial teórico

2.1 Refino de petróleo

Refinamento do petróleo são etapas que o mineral bruto passa, com finalidade de obtenção de derivados, criando produtos de interesse comercial. Sendo essas etapas físicas, e químicas, que ocasionam frações de destilação. Estas frações são processadas por meio de séries de etapas de separação e conversão fornecendo os derivados finais do petróleo. Conseqüentemente, Refinar petróleo, consiste em separar as frações desejadas, processá-las e lhes dar acabamento, para a obtenção de produtos vendáveis (NEIVA, 1983).

2.2 Efeitos possíveis

2.2.1 Jet Fire

O jet fire é a consequência da combustão de um material liberado de um meio onde as pressões do processo são igualadas (CROWL 2003).

A rapidez de liberação do material colabora expressivamente no comportamento do jet fire (CROWL, 2003). Podendo ser classificados, em subsônicos e sônicos. O valor da velocidade de liberação necessita ser alto o suficiente permitindo a entrada de ar para dentro do jato. Os jatos subsônicos são extensos, radiantes e cobertos de fuligem (soot). A penetração do ar no jato não é eficiente como em jatos sônicos. O vento influencia extremamente no desempenho de jatos subsônicos. Os jatos sônicos são pequenos, ardentes e menos radiantes, já que ocorre uma maior eficiência na combustão (HSE, 1992).

Normalmente o jet fire é extremamente destrutivo pelo alto valor do fluxo de calor radiante ao redor do jato. Segundo Krueger & Smith (2004), os jet fires geralmente tem alta taxa de transferência de calor e um acelerado potencial de destruição.

A geometria do jet fire é fundamental para prever a radiação da chama e verificar a possibilidade de contato da chama com estruturas. O principal parâmetro geométrico da chama é o comprimento (BAGSTER & SCHUBACH, 1996).

2.2.2 Incêndio de poça

O incêndio em poça acontece com substâncias inflamáveis, proveniente de uma abertura ou rompimento de tanques ou esferas de armazenagem, tubulações, entre outros. Onde será lançado ao solo em determinadas condições. O resultado deste acontecimento é relacionado com o efeito dominó e à segurança dos trabalhadores nas imediações da poça (SENNE Jr, 2003).

As radiações emitidas através dos incêndios em poça estão relacionadas a probabilidades de fatalidade e vulnerabilidade das pessoas expostas (CETESB, 2003). Por meio de análises, é presumível prever a distância atingida da radiação ou sobrepressão e vulnerabilidade das pessoas atingidas (AIChE, 2000).

2.2.3. Flash Fire

O Flash Fire é formado por uma chama movida pela nuvem de gás, mas sem criar subpressões (AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS, 1994).

O flash fire ocorre com baixa ou sem pressão positiva, em um intervalo de tempo muito pequeno, até que o hidrogênio seja consumido. Quando o gás hidrogênio é liberado no ar, a concentração será extremamente alta no ponto onde ocorreu o vazamento, e a mistura ar mais hidrogênio será baixa. Se o gás hidrogênio entrar em combustão neste certo momento, o resultado será o flash de queima (BOHACIK, 1996).

2.2.4. Explosão

Explosão é a geração e extensão inesperada de gases agregadas com o aumento da temperatura e pressão onde é causado danos estruturais (LEA, 2002).

Segundo Bjerketvedt *et al.* (1997) a explosão é um acontecimento que possui um rápido aumento de pressão, podendo ser causado por: reações nucleares, explosivos, nuvem de vapor, entre outros.

A explosão da nuvem de vapor é resultante da ignição, onde as velocidades da chama aceleram até altas velocidades sendo apropriada de produzir uma sobre pressão (CCPS, 1994).

Segundo o CCPS (1994), para ocorrer à explosão da nuvem de vapor existe algumas características sendo elas: O material liberado é inflamável e com aumento da temperatura e pressão; A nuvem será grande o suficiente antes de sofrer ignição (fase de dispersão); Grande parte da nuvem precisa permanecer na região de flamabilidade e na maioria das vezes, a ignição de uma nuvem de vapor resulta em uma deflagração.

Se a explosão não apresenta ventilação e nem perda de calor, maior será a velocidade da chama e, conseqüentemente, maior a sobrepressão. Esse aumento da pressão se dá devido à temperatura dos gases queimados e a temperatura dos gases não queimados (LEA, 2002).

2.3. Análises de riscos

A Análise Preliminar de Risco (APR) é utilizada para identificar os perigos de uma operação ou de uma instalação de processos (CETESB, 2003).

Por meio da técnica de APR é provável identificar acidentes que por ventura possam ocorrer na instalação, esta técnica ainda permite ser aplicada na fase inicial de um projeto, com finalidade de verificar as possibilidades de modificações que reduzem ou até eliminem os riscos (FUNDACENTRO, 2002).

Os dados da APR são anotados em um formulário (Figura 1) que mostra as causas prováveis, efeitos potenciais, categorias de frequência e severidade e risco, entre outros.

Figura 1 - Análise Preliminar de riscos

Unidade:			Analista:		
Trecho:	Diâmetro de tubulação:	Tipo de fluido:			Revisão:
Temperatura:	Pressão	Químicos:			
Causas Prováveis	Efeitos Possíveis	Cat. Freq.	Cat. Sev.	Cat. Risco	Cenário
Pequena liberação de petróleo: Fissura em tubulações em função de corrosão					
Grande liberação de petróleo: Ruptura em tubulações em função de corrosão					

Fonte: Autores (2016)

A APR é, portanto, uma análise inicial "qualitativa", desenvolvida na fase de projeto e desenvolvimento de qualquer processo, produto ou sistema (DE CICCO e FANTAZZINI, 1993).

2.3.1 Análise quantitativa

A Análise Quantitativa de Riscos (AQR) permite quantificar riscos, para contribuir para decisões quanto às ações para redução dos mesmos.

A AQR é realizada a partir da aplicação da técnica de APR, que consiste em caracterizar o empreendimento e a região, em seguida identificar os perigos e caracterizar a substância (AIChE, 1995).

Esta análise não elimina ou reduz o risco do projeto, é apenas uma ferramenta para avaliar, quantificar e entender cada prospecto e o risco associado, sendo assim facilita para o gerente a tomada de melhores decisões estratégicas e financeiras. Com a identificação dos riscos associados a cada projeto, se torna possível compartilhar o risco financeiro do empreendimento. Contudo, se o projeto envolve riscos, o gerente necessitaria de uma tecnologia que reduza seus riscos e maximize seus ganhos (NEPOMUCENO FILHO & SUSLICK, 2000).

2.3.2 Análise qualitativa

De acordo com a Análise Preliminar de Risco, podemos também adotar uma classificação qualitativa, que poderá variar em função do processo avaliado, da cultura da empresa ou do segmento de mercado de atuação da empresa, dentre outros fatores. A figura 3 apresenta as categorias normalmente utilizadas para classificação da probabilidade.

Na Figura 2, a categoria de risco é frequentemente utilizada em diversos métodos de análise de risco.

Figura 2 - Matriz de Severidade (Efeito do Perigo)

Nível	Impacto	Característico
I	Desprezível	- Sem danos ou danos insignificantes aos equipamentos, à propriedade e/ ou ao meio ambiente; - Não ocorrem lesões/ mortes de funcionários, de terceiros (não funcionários) e/ ou pessoas (indústrias e comunidade); o máximo que pode ocorrer são casos de primeiros socorros ou tratamento médico menor;
II	Marginal	-Lesões pessoais com afastamento do trabalho (< 15 dias); -Danos leves à equipamentos; -Redução significativa da produção (parada de dias); -Com algum impacto ambiental controlável pelos sistemas existentes (restrito ao site, sem efeito significativo sobre a população);
III	Crítica	- Danos severos aos equipamentos, à propriedade e/ ou ao meio ambiente; - Lesões de gravidade moderada em empregados, prestadores de serviço ou em membros da comunidade (probabilidade remota de morte); - Exige ações corretivas imediatas para evitar seu desdobramento em catástrofe;
IV	Catastrófica	- Danos irreparáveis aos equipamentos, à propriedade e/ ou ao meio ambiente (reparação lenta ou impossível); - Provoca mortes ou lesões graves em várias pessoas (empregados, prestadores de serviços ou em membros da comunidade).

Fonte: Aguiar (2011)

Segundo SERPA (2005), a frequência de falha que pode ocorrer no sistema, é dividida em categorias de ocorrência sendo elas cinco classes: Extremamente Remota, Remota, Improvável, Provável ou Frequente, como pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 - Matriz de Frequência (Probabilidade das Causas)

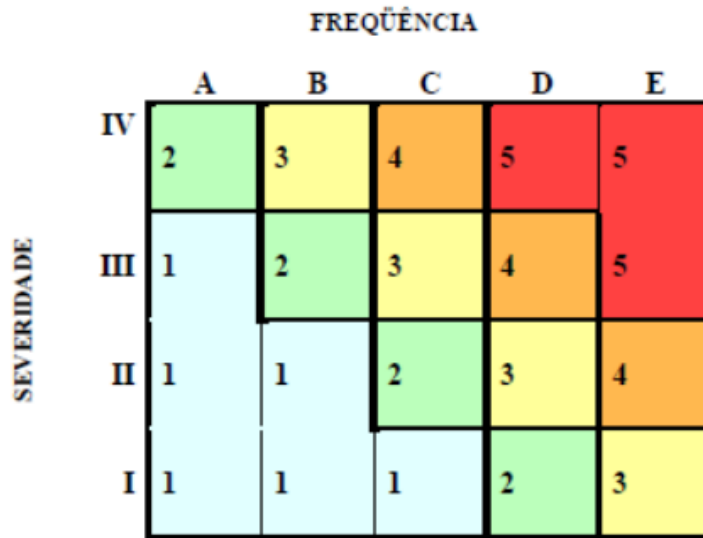
Nível	Característico
A	EXTREMAMENTE REMOTA - Conceitualmente possível, mas extremamente improvável de ocorrer durante a vida útil da instalação. Existe redundância plena.
B	REMOTA - Não esperado ocorrer durante a vida útil da instalação. Sem registros de ocorrências.
C	IMPROVÁVEL - Pouco provável de ocorrer durante a vida útil da instalação. Evento sob controle com existência de meios de proteção eficazes.
D	PROVÁVEL - Esperado ocorrer até uma vez durante a vida útil da instalação. Meios de controle e proteção precisam de melhorias.
E	FREQÜENTE - Esperado ocorrer várias vezes durante a vida útil da instalação. Existem registros de ocorrências frequentes.

Fonte: Aguiar (2011)

A correlação entre a Severidade e Frequência promove a matriz construída pela composição das variáveis, ela pode ser dividida em regiões caracterizando os níveis de risco. Os níveis podem variar em função de risco do gestor, dos processos avaliados e dos produtos e serviços

operacionalizados (SERPA 2005). A Figura 4 esboça uma matriz de classificação de riscos, com níveis de risco classificados em Desprezível, Tolerável, Sério e Crítico. Já a Figura 5 exhibe os níveis de risco nesta correlação.

Figura 4 - Matriz de Classificação de Risco - Frequência x Severidade



Fonte: Aguiar (2011)

Figura 5 - Legenda da Matriz de Classificação de Risco

Severidade		Frequência		Risco	
I	Desprezível	A	Extremamente Remota	1	Desprezível
II	Marginal	B	Remota	2	Menor
III	Crítica	C	Improvável	3	Moderado
IV	catastrófica	D	Provável	4	Sério
		E	Frequente	5	Crítico

Fonte: Aguiar (2011)

Os riscos encontrados na região de alto risco consistir em indicativos para controle mais rígidos, já os situados na região de baixo risco são indicativos de controle adequado. Contudo não podemos generalizar todos os tipos de riscos, tendo em vista que o nível de risco adquirido em uma matriz de risco não está inteiramente associado à ausência ou excesso de controles (MARSHALL, 2002).

3. Metodologia

Foi obtido como fonte principal dos dados o referencial técnico conceitual relacionado aos Estudos de Impacto Ambiental – EIA e Relatório de Impactos de Meio Ambiente – RIMA da

Refinaria Abreu e Lima, fornecido pela Petrobras em 22 de março de 2006, disponível para acesso público na Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – CPRH. Porém, por questões de confidencialidade, os dados de processos utilizados são fictícios.

3.1. Premissas

Foram estimados os níveis de riscos provenientes apenas na unidade de Hidrotratamento de diesel considerada a unidade mais crítica devido às condições severas de temperatura, pressão e vazão, que tem o potencial de provocar maiores danos as pessoas e ao meio ambiente.

Na etapa de identificação dos perigos foi utilizada a análise preliminar dos perigos (APP), sendo realizada por trechos. Os trechos analisados possuem as mesmas características operacionais. Apenas os trechos mais críticos do processo foram analisados. A realização da análise foi realizada através do preenchimento de uma planilha para cada trecho considerado.

Os cenários analisados foram pequeno vazamento e grande vazamento. Os critérios adotados para o pequeno e grande vazamento foram os estabelecidos pelo Banco Mundial, i.e., o pequeno vazamento e grande vazamento correspondem a 20% e 100% do diâmetro da tubulação, respectivamente. A integridade mecânica aumenta a confiabilidade das barreiras de proteção dos sistemas, através da redução da probabilidade de vazamentos, logo a frequência de eventos indesejáveis tais como incêndios, explosões e danos ambientais, será também reduzida.

3.2. Simulação

Para a simulação, foi utilizado o programa computacional ALOHA, desenvolvido pela Environmental Protection Agency – EPA e o SLAB recomendados para a caracterização dos incêndio e explosão na indústria de processamento foi utilizado na etapa de simulação dos alcances provocados pelos os efeitos físicos.

4. Resultados e discussões

Na tubulação em estudo, unidade de hidrotratamento de diesel, foi utilizado os cenários juntamente com seus respectivos dados, nos quais foram de extrema importância para a

simulação no software ALOHA, no qual apresentou situações no caso de fissura ou ruptura, para os seguintes aspectos adversos que poderia acontecer envolvendo os tipos mencionados, são: explosão, Jet fire, flash fire e nuvem tóxica.

Sobre essa análise, a Figura 6 apresenta o trecho T-12, e consigo a seguinte interpretação simulada no Aloha.

Figura 6 – APR para o Trecho 12

Análise Preliminar de Riscos (APR)					
Unidade: Hidrotratamento de Diesel			Analista: Alandson de Lacerda Tavares		
Trecho: T-12	Diâmetro da tubulação: 8 in	Tipo de fluido: Mistura (vapor + líquido)		Revisão: 1	
Temperatura: 250 °C	Pressão: 115,15 Kg/ cm ² .g	Químicos: H2			
Causas Prováveis	Efeitos Possíveis	Distância do dano (metros)			Cenário
		Amarelo	Laranja	Vermelho	
Pequena liberação de petróleo: Fissura em tubulação em função da corrosão	Jet Fire	15	Menor que 10	Menor que 10	1
	Flash Fire	26	0	64	2
	Explosão	20	0	0	3
	Nuvem Tóxica	11	Menor que 10	Menor que 10	4
Grande liberação de petróleo: Ruptura em tubulação em função da corrosão	Flash Fire	26	0	64	5
	Explosão	20	0	0	6
	Nuvem Tóxica	11	Menor que 10	Menor que 10	7

Fonte: Autores (2016)

Nesse trecho observa-se que para o referido fluido sob condições de mesma pressão e temperatura, apresenta as mesmas zonas de alcance para a fissura e ruptura, porem existe distinção quanto o Jet Fire na fissura, visto que, na ruptura não apresenta tal efeito. Desta forma a zona de alcance onde apresentou valores mais agressivos, ou seja, situações catastróficas foram flash fire, pois a zona vermelha no qual é a mais danoso, apresentou uma distância de 64 metros, as atenções nesse trecho sob essas condições devem ser redobradas, visto que pode atingir não só a refinaria, como também a região extra muro. A zona em amarelo apresenta um alcance de 26 metros, apesar de ser menor e menos ofensivo ao ser o

humano, mesmo assim ainda pode provocar destruições devido a liberação de ondas devido a explosão. A zona em laranja apresentou valores inferiores a um alcance de 10 metros, apesar de ser a menor dentre as três, neste deve-se ter cuidado, uma vez que as consequências da mesma são lesões graves aos seres humanos.

Para a explosão não apresentou um cenário tão crítico como no flash fire, porém na zona amarela obteve-se um alcance de 20 metros, o que ainda pode provocar danos a essa distância, como; destruições de construções, etc. Nas outras zonas, vermelho e laranja, não teve representações em valores, tanto para casos de fissura como de ruptura.

Na nuvem tóxica as três zonas apresentaram valores mais baixos, para as cores: amarelo, laranja e vermelho, os valores respectivamente foram 11 metros, menor que 10 metros, e menor que 10 metros, ambos para fissura e ruptura. Com isso os cuidados existentes quanto as dispersões da nuvem são existentes, porém não chegam a ultrapassar o muro.

O Jet Fire apresenta característica peculiar somente para fissura, e para esse aspecto apresentou uma zona de alcance no o amarelo de 15 metros, o laranja e o vermelho, menor que 10 metros respectivamente. Sob efeito de fissura e ruptura os jatos de fogos serão dentro da indústria não atravessando o muro.

Figura 7 – APR para o Trecho 23

Análise Preliminar de Riscos (APR)					
Unidade: Hidrotreamento de Diesel			Analistas: Autores		
Trecho: T-23	Diâmetro da tubulação: 8 in	Tipo de fluido: Vapor		Revisão 1	
Temperatura: 85,2 °C	Pressão: 129,30 Kg/cm ² .g	Químicos: H2			
Causas Prováveis	Efeitos Possíveis	Distância do dano (metros)			Cenário
		Amarelo	Laranja	Vermelho	
Pequena liberação de petróleo: Fissura em tubulação em função da corrosão	Jet Fire	Menor que 10	12	18	1
	Flash Fire	82	0	33	2
	Explosão	26	0	0	3
	Nuvem Tóxica	26	0	0	4
Grande liberação de petróleo: Ruptura em tubulação em função da corrosão	Flash Fire	24	16	12	5
	Explosão	26	0	0	6
	Nuvem Tóxica	14	Menor que 10	Menor que 10	7

Fonte: Autores (2016)

No Trecho 23 (Figura 7) os danos provocados pelo flash fire, já são de maiores proporções, na fissura, a zona amarela apresentou um alcance de 82 metros, com isso as proporcionalidades atingem regiões extra muro, como isso as preocupações devem ser redobradas, a zona laranja não teve representação numérica, e a vermelho revelou um valor de 33 metros, o que podemos definir que para esta zona pode ocorrer morte ou um impacto ambiental de grandes proporções, no entanto, não ultrapassa a fronteira da refinaria. O flash fire na ruptura trouxe os seguintes dados de suas respectivas zonas; 24 metros, 16 metros e 12 metros, apesar de não serem alcances tão significantes, mas não podemos desconsiderar o risco.

Para a explosão vista sobre os dois aspectos fissura e ruptura, apresenta os mesmos valores nas três zonas em análise, devido isso apenas a zona amarela requer um cuidado e uma atenção quando o assunto é confiabilidade

A Nuvem tóxica apresenta valores distintos, na fissura e ruptura, porém de valores baixos, para a fissura as zonas de alcance amarelo, verde e vermelho foram: 26 metros no amarelo, com isso os demais não apresentaram valores, então a região amarela apresenta risco mais leves, quando em comparação com os outros. Para a ruptura os valores das zonas; amarelo, laranja e vermelho; 14 metros e as outras inferiores a 10. Já na fissura só houve representação na zona amarela, 26 metros o que afirma que a nuvem tóxica neste não toma grandes proporções visto que o maior valor foi somente na zona amarela.

O jet fire apresentou uma característica de menor que 10 metros para o amarelo, 12 para o laranja e vermelho foi de 18 metros, isso envolvendo somente a fissura pois não foi percebido tal permanência na ruptura, no entanto, precisa tomar cuidado pois a região em vermelho e laranja, mesmo não tendo apresentado uma zona de alcance tão grande, mesmo assim, precisa-se tomar cuidado, visto que nesta zona pode ocorrer queimaduras de segundo grau e letal, respectivamente, os mesmos efeitos são originados por acidentes calhados através da ruptura. Para as regiões em amarelo podem ocorrer dores musculares em trabalhadores que se encontram nesta zona de alcance.

Figura 7 – APR para o Trecho 34

Análise Preliminar de Riscos (APR)					
Unidade: Hidrotreatamento de Diesel			Analistas: Autores		
Trecho: T-34	Diâmetro da tubulação: 8 in	Tipo de fluido: Mistura (vapor + líquido)		Revisão 1	
Temperatura: 359,4°C	Pressão: 116,7 Kg/cm ² .g	Químicos: H2			
Causas Prováveis	Efeitos Possíveis	Distância do dano (metros)			Cenário
		Amarelo	Laranja	Vermelho	
Pequena liberação de petróleo: Fissura em tubulação em função da corrosão	Jet Fire	13	Menor que 10	Menor que 10	1
	Flash Fire	58	0	24	2
	Explosão	18	0	0	3
	Nuvem Tóxica	10	Menor que 10	Menor que 10	4
Grande liberação de petróleo: Ruptura em tubulação em função da corrosão	Flash Fire	58	0	24	5
	Explosão	18	0	0	6
	Nuvem Tóxica	10	Menor que 10	Menor que 10	7

Fonte: Autores (2016)

Vale ressaltar que ambos os trechos analisados o químico presente são hidrogênio. O trecho T-34, já nos mostrou uma pressão e temperatura bem maiores quando se comparados com os anteriores, dessa forma os valores correspondentes para o flash fire, explosão e nuvem tóxicas foram os mesmos representados, tanto quanto para a fissura e ruptura. Com isso observa-se que o flash fire foi o que apresentou maiores zonas de alcance, na região em amarelo apresentou um valor de 58 metros, o que pode ir além das instalações da área onde se encontra a refinaria, este setor pode ocasionar destruições civis, quebrar vidros, e sem falar do danos ao ser humano, o setor em laranja apresentou valores igual a zero, já o vermelho mostrou uma zona de alcance de 24 metros, no qual nos revela que um acidente neste trecho seja ele provocado por fissura ou ruptura, pode gerar danos severos, como, morte, destruições, lesões graves e queimaduras de segundo grau.

Os demais setores, explosão e nuvem tóxicas, tanto para fissura, quanto para ruptura, nos revelou valores iguais. Para a explosão temos a zona em amarelo um alcance de 18 metros, o que não chega a passar do muro, porém os efeitos serão absorvidos por trabalhadores em local, e as demais zonas não houve valores respectivamente. A nuvem tóxica, mostrou que nas zonas em amarelo, laranja e vermelho os valores foram, 10 metros, e menores que 10 metros, onde revela que sobre efeitos de acidente onde ocorra a dispersão de um gás, a nuvem tóxica ficara presente em um raio de alcance até 10 metros, com isso sabemos que o efeitos para o ser humano de uma nuvem tóxicas são os mais severos e perigosos, o que pode surgir reflexos até mesmo no futuro.

Por fim, temos o Jet Fire presente somente na fissura, o ALOHA nos mostrou os seguintes dados para tal efeito: a zona em amarelo um valor correspondente de 13 metros, o que se ocorrer uma fissura os danos por jet fire, não passaram do limite máximo de 13 metros, as zonas laranja e amarelo mostrou valores inferiores a um alcance de 10 metros, desta forma sabemos que essas regiões apresentam resultados bastantes perigosos o que se possivelmente acontecer algum acidente por jet fire, teremos então a preocupação com operadores que se localizam próximo a essa região, pois os resultados tendem a ser alarmantes.

5. Considerações finais

É de extrema importância nos tempos modernos, se fazer análises envolvendo APR e AQR em projetos de instalações de refinarias, sejam elas: químicas ou petroquímicas, pois sabemos da importância que esses estudos têm para implementação do projeto, e a apuração de dados com o auxílio do software ALOHA, no qual contribuiu para enxergar riscos em tubulações, sejam elas ocasionadas por fissuras ou rupturas.

Tais estudos serão de extrema importância principalmente quando o assunto é segurança no trabalho, pois auxilia na implementação da segurança para os trabalhadores e ajuda também a saber onde serão os pontos mais críticos e mais suscetíveis a acontecer acidentes, e desta forma ajudando a prevenir e tomar cuidados.

Com isso o principal objetivo deste trabalho foi usar a análise quantitativa e qualitativa de riscos (AQR), no qual foi identificado cada trecho, mostrado a seguir por meio de valores numéricos as possíveis causas e danos no projeto, e compreendendo devido um possível rompimento total da tubulação ou apenas uma fissura, as zonas de alcances e seus respectivos significados e grau de impacto.

Foram analisados 03 Trechos, nos quais, apresentavam os mesmos fluídos, no qual foi o hidrogênio H₂, mudava apenas os dados o que se referia a pressão, e temperatura, foi-se usado um diâmetro da tubulação de 8 polegadas (8in), para assim ajudar na interpretação entre fissura e ruptura, visto que o primeiro é um acidente onde ocorre um pequeno vazamento correspondente a 20% do valor do diâmetro, já o segundo é o rompimento total da tubulação em estudo. Tendo estes parâmetros, analisamos com base em 4 estimativas de acidentes que poderiam ocorrer devido o escapamento do fluido, foram: Jet fire, Flash fire, explosão e nuvem tóxica. Portanto, chegamos aos resultados e com essas medidas, chegamos à interpretação dos mesmos, contribuindo de forma para a prevenção de acidentes, de maneira ajudar a entender os possíveis danos que os fluidos podem provocar na região instalada e nas localidades extra muro.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, L. A. **Metodologias de Análise de Riscos APP &.HAZOP**, UFRJ. 2011.

AIChE - **American Institute of Chemical Engineers**. Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis. 2 ed. New York, 2000.

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS 1994. **Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires, and BLEVEs**. New York: Center for Chemical Process Safety (CCPS) of the AIChE.

BAGSTER D. F. & SCHUBACH A., **The prediction of jet-fire dimensions**, J. Loss Prev. Process Ind. Vol. 9 No. 4. pp. 241-245, 1996.

BJERKETVEDT, D. et al., **Gas Explosion Handbook**, Journal of Hazardous Materials 52, 1997.

BOHACIK, T.S. De Maria and SAMAN, W.Y, 1996, **constant volume adiabatic combustion of stoichiometric hydrogen oxygen mixtures**, Disponível em: <http://www.osti.gov/scitech/search.jsp>. Acesso em 07 out. 2016.

CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY (CCPS) of the American Institute of Chemical Engineers, **Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis**, 1989.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Manual de Orientação para Elaboração de Estudos de Análise de Riscos**, P4.261. 2003.

CROWL, D. A., **Understanding Explosions**. New York, American Institute of Chemical Engineers, 2003.

DE CICCO, F. & FANTAZZINI, M.L. **Introdução à Engenharia de Segurança de Sistemas**. 3ª ed. São Paulo: Fundacentro, 1993. 113p.

FUNDACENTRO. **Prevenção de acidentes industriais maiores**. Um código de práticas de OIT, 1991. Traduzido em português copyright, 2002.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, England. **Oil and Gas Fires: Characteristics and Impact**; London, 1992.

KRUEGER J. & SMITH D., A practical approach to fire hazard analysis for offshore structures, **Journal of Hazardous Materials** Vol. 104 pp. 107-122, 2004.

LEA, C. J., **A Review of the State-of-the-Art in Gas Explosion Modeling**, Buxton, Health & Safety Laboratory, 2002.

MARSHALL, C. L. **Medindo e Gerenciando Riscos Operacionais em Instituições Financeiras**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

NEIVA, J. **Conheça o Petróleo**, 4 ed. Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico, 1983.

Nepomuceno Filho, F. & Suslick, S. B. Alocação de recursos financeiros em projetos de risco na exploração de petróleo, **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 40, n. 1, 2000.

SENNE Jr, M. Área de concentração sistemas de processos químicos e informática: Abordagem sistemática para avaliação de riscos de acidentes em instalações de processamento químico e nuclear. 2003. 236 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas. 2003.

SERPA, R. Gerenciamento de Risco. São Paulo: Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP, 136 f. Notas de aula, 2005.