

RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO DE INCIDENTE

PLATAFORMA P-20



SUPERINTENDÊNCIA DE SEGURANÇA
OPERACIONAL E MEIO AMBIENTE (SSM)

MARÇO/2018



Diretores

Décio Fabricio Oddone da Costa

Aurélio Cesar Nogueira Amaral

Dirceu Cardoso Amorelli

Felipe Kury

José Cesário Cecchi

Superintendente de Segurança Operacional e Meio Ambiente

Marcelo Mafra Borges de Macedo

Equipe de Investigação de Incidentes

Bruno Felippe Silva – Investigador Líder

Daniela Goñi Coelho

Gilcléa Lopes Granada

Leonardo Luciano de Souza

Sumário

1.	DESCRIÇÃO DO INCIDENTE.....	4
2.	CONSEQUÊNCIAS DO INCIDENTE.....	8
3.	ANÁLISE DA GESTÃO DA SEGURANÇA OPERACIONAL DA P-20	9
3.1.	HISTÓRICO DA ÁREA DE PRODUTOS QUÍMICOS DA P-20.....	9
3.2.	ANÁLISE DE RISCO DA UNIDADE DE PRODUTOS QUÍMICOS.....	12
4.	FATORES CAUSAIS E CAUSAS RAIZ	14
4.1.	FATOR CAUSAL Nº 1: ACÚMULO DE MATERIAL COMBUSTÍVEL NA BASE DO SKID 15	
4.1.1.	CAUSA RAIZ Nº 1: ROTINA DE LIMPEZA DOS SKIDS E DESOBSTRUÇÃO DOS DRENOS ABERTOS INADEQUADA.....	17
4.2.	FATOR CAUSAL Nº 2: IGNIÇÃO DE LÍQUIDO COMBUSTÍVEL.....	19
4.2.1.	CAUSA RAIZ Nº 2: MONITORAMENTO E APROVAÇÃO DA PT INADEQUADOS	21
4.2.2.	CAUSA RAIZ N° 3: ANÁLISE PRÉVIA DA PERMISSÃO DE TRABALHO INADEQUADA.....	22
4.3.	FATOR CAUSAL Nº 3: ROMPIMENTO DO TANQUE POR SOBREPRESSÃO	24
4.3.1.	CAUSA RAIZ N° 4: FALTA DE PLUGUES FUSÍVEIS E BICOS ASPERSORES	25
4.3.2.	CAUSA RAIZ N° 5: FALHA NO DIMENSIONAMENTO DOS VENTS DOS TANQUES	28
4.4.	FATOR CAUSAL Nº 4: ESPALHAMENTO DE LÍQUIDO COMBUSTÍVEL PARA O DECK DA UNIDADE	35
4.4.1.	CAUSA RAIZ N° 6: CÁLCULO DO SISTEMA DE DRENAGEM INADEQUADO	36
4.5.	FATOR CAUSAL Nº 5: REDUÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA DURANTE O COMBATE AO INCÊNDIO	39
4.5.1.	CAUSA RAIZ N° 7: FALHA NO FUNCIONAMENTO DAS BOMBAS DE INCÊNDIO ELÉTRICAS.....	40
4.5.2.	CAUSA RAIZ N° 8: FALHA NO FUNCIONAMENTO DAS BOMBAS DE INCÊNDIO A DIESEL	41
5.	AVALIAÇÃO DAS MEDIDAS MITIGADORAS	45
5.1.	ALARME DE EMERGÊNCIA	46
5.2.	COMBATE AO INCÊNDIO PELA BRIGADA	47
5.3.	FALHA NOS RÁDIOS DE COMUNICAÇÃO	49
5.4.	ADERNAMENTO DA UNIDADE	50
5.5.	COMBATE AO INCÊNDIO COM EMBARCAÇÕES FIRE FIGHTING.....	51
6.	AVALIAÇÃO DAS AÇÕES CORRETIVAS.....	51
7.	AVALIAÇÃO DAS AÇÕES PREVENTIVAS	52
8.	RECOMENDAÇÕES PARA A INDÚSTRIA	53
9.	CONCLUSÕES.....	55
	ANEXO – ÁRVORE DE FALHAS	56

Introdução

No dia 26 de dezembro de 2013 a ANP recebeu uma comunicação inicial de incidente (CI) informando sobre um incêndio maior na unidade P-20 iniciado na área de tanques de produtos químicos.

O evento ocorreu após realização de serviço de trabalho a quente na área de tanques de produtos químicos. Durante o incêndio houve o rompimento do tanque de etanol¹ e vazamento dessa substância para a área de produção da unidade. Houve acionamento do Plano de Resposta à Emergência com combate ao fogo pela brigada de incêndio e com embarcações tipo *fire fighting*. Como consequências do incêndio houve dano material e parada de produção. Não houve ferimento grave de pessoal e nem danos ao meio ambiente.

A P-20 é uma unidade flutuante de produção, processamento e transferência de óleo e gás do tipo semi-submersível. Seu início de operação se deu em 1992. A unidade está localizada a 172 km da costa de Macaé e opera a uma lâmina d'água de 620 m. Na data do acidente, a plataforma produzia 20.000 barris de óleo por dia.

1. Descrição do Incidente²

No dia 26 de dezembro de 2013 foi realizada atividade de instalação de uma base para bomba de injeção de sequestrante de H₂S (sulfeto de hidrogênio) na área de produtos químicos da unidade (zona 502), para interligação do poço MRL-199 (brava) à P-20, poço anteriormente ligado à plataforma P-27. O serviço foi concluído logo antes do acidente, pouco antes das 18 horas.

Segundo entrevistas com a equipe de bordo, o caldeireiro responsável pela execução da tarefa ouviu um som típico de *flash* e avistou um princípio de incêndio, quando iniciou o combate com extintor portátil. Após este combate, ouviu um segundo som com a mesma característica, constatou que o fogo não havia se extinguído e continuou o combate com extintor portátil. Em seguida, o caldeireiro foi arremessado a cerca de um metro de distância devido à ruptura do tanque de etanol presente na área de produtos químicos, sofrendo entorse. O estrondo da ruptura do tanque foi ouvido pelo pessoal a bordo. A Figura 1 mostra o tanque de álcool após o rompimento.

Como consequência do rompimento do tanque, o inventário de etanol foi espalhado no *deck* principal da unidade e entrou em combustão a partir do contato com chama

¹ A investigação encontrou documentos referindo-se ao material do tanque como álcool, etanol ou inibidor de hidrato, nesse texto esses termos terão o mesmo significado.

² Toda a descrição dos fatos, cronologia do incidente, fotos e informações apresentados neste relatório fazem parte do processo administrativo nº 48610.001610/2014-82.

existente. O sistema supervisório acusou alarmes de baixa pressão nas linhas de incêndio nas zonas 502 (área de processo bombordo) e 503 (área de processo central/bombordo). A válvula automática de dilúvio (ADV) da zona 503 foi acionada automaticamente a partir da queda de pressão na linha, enquanto a ADV da zona 502 não foi acionada automaticamente, sendo necessário o acionamento manual.



Figura 1 – Tanque de álcool após o rompimento

Com a propagação do incêndio, o inventário dos demais tanques de produtos químicos (desemulsificante, sequestrante de H₂S, anti incrustante e antiespumante) se acumulou no *skid* da unidade de produtos químicos e também se espalhou para o *deck* principal da unidade, onde uma área de armazenagem próxima foi atingida. Esta área continha outros produtos inflamáveis e, com o aumento de temperatura foi ocasionado o derretimento das bombonas (Figura 2) e por consequência o aumento do inventário de combustíveis em chamas, além do rompimento de um cilindro de argônio (Figura 3), causando um segundo estrondo ouvido pela tripulação.



Figura 2 – Tonéis e bombonas distorcidos após o incêndio



Figura 3 – Garrafa de argônio explodido após o incêndio

Enquanto o material combustível já em chamas avançava pelo convés da plataforma, a equipe de bordo atuou no sentido de evitar que o incêndio se aproximasse do casario da unidade, por isso foi realizado o adernamento proposital da plataforma com a anuênciam do Gerente de Plataforma (Geplat) da unidade. Com isso o material em chamas foi direcionado para a região do moto compressor A (MCGL A) e turbo compressor A (TC A) e do guindaste.

Foi relatado pelo pessoal de bordo, em entrevista, que foi verificado que o operador de guindaste estava em posição segura antes do início do procedimento de adernamento da unidade.

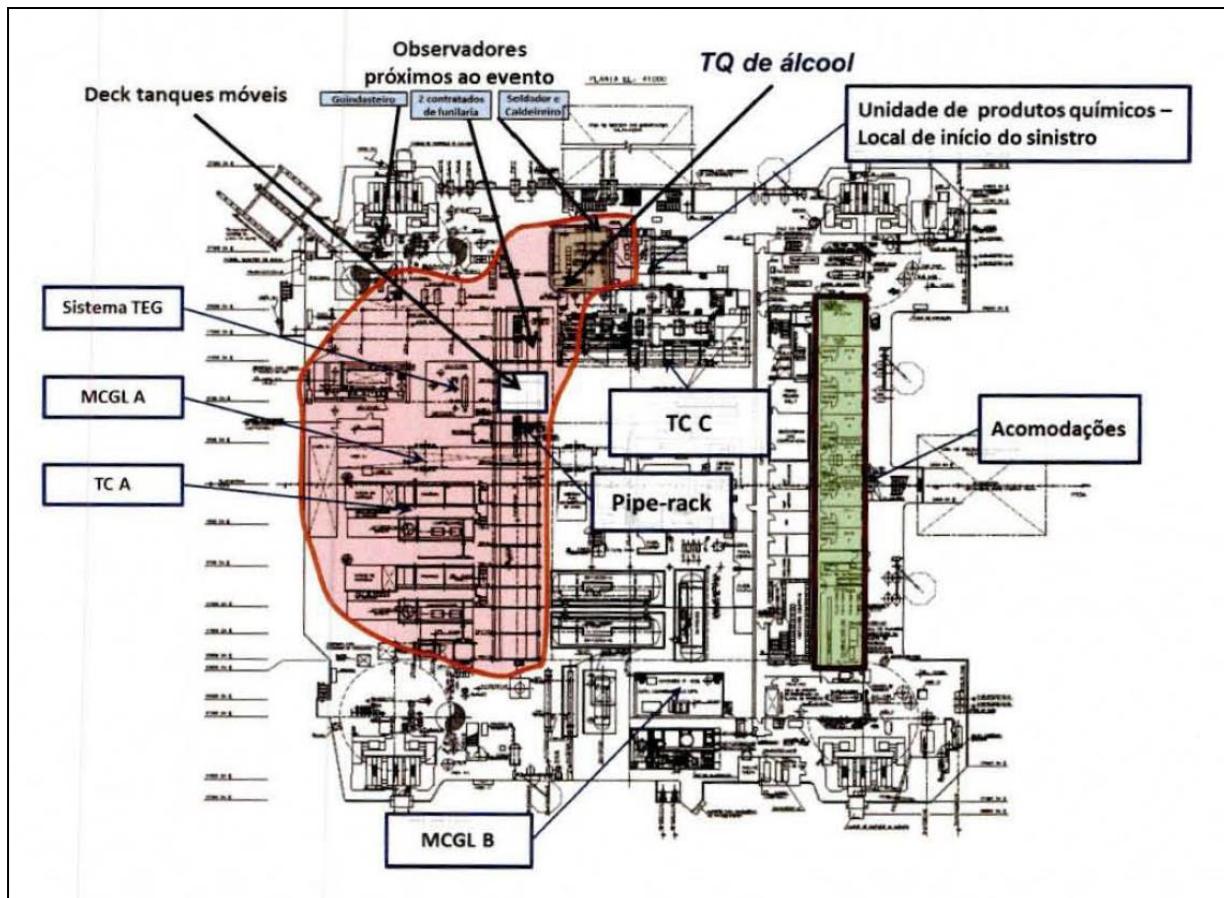


Figura 4 – Área atingida pelo incêndio, casario e equipamentos de interesse da P-20³

O sistema supervisório recebeu sinais de queda de pressão na linha de incêndio que disparam o acionamento das bombas de incêndio, composto por duas bombas elétricas e duas bombas a diesel. As bombas elétricas não foram acionadas devido aos danos causados pelo incêndio nos cabos de alimentação e nos barramentos, sendo necessário o acionamento manual das bombas a diesel para a realização do combate ao incêndio pela brigada.

Durante o incêndio, portanto, houve a redução da pressão de água sendo esta dificuldade relatada por membros da brigada.

O plano de resposta à emergência da unidade foi acionado e foi feita a sinalização para o deslocamento da tripulação ao ponto de reunião. Foi constatado que o incêndio havia atingido uma das escadas de acesso à baleeira de bombordo, feita de fibra de vidro (Figura 5), restringindo assim o acesso à embarcação caso fosse necessário o abandono da unidade.

³ Relatório de investigação do operador da instalação



Figura 5 – Escada de acesso à baleeira danificada pelo incêndio

O combate ao incêndio realizado com os recursos disponíveis a bordo não foi suficiente para a extinção do incêndio, sendo necessário o apoio de embarcações tipo *fire fighting*, que se encontravam próximas à plataforma.

Foi informado pela equipe da brigada que houve a coordenação entre a atuação das embarcações e a brigada com o objetivo de preservar a segurança da brigada. O incêndio foi extinto às 20:50 do mesmo dia.

2. Consequências do Incidente

Os danos causados pelo incêndio impediram o retorno imediato às atividades da plataforma, o que levou a ANP a interditar a instalação como medida cautelar, condicionando o retorno da operação ao reestabelecimento da condição operacional da plataforma.

Os principais equipamentos danificados durante o incêndio foram:

- Tanque de álcool (TQ-UQ-682501-05-A)
- Tanque de anti-incrustante (TQ-UQ-682501-03-A)
- Tanque de inibidor de corrosão (TQ-UQ-682501-04-A)
- Tanque de anti-espumante (TQ-UQ-682501-01-A)
- Tanque de desemulsificante (TQ-UQ-682501-02-A)
- Torre de glicol (T-123300)
- Vaso V-123301
- Bombas de injeção de álcool
- Tubulações de aço inoxidável do sistema de injeção de produto químico
- Tubo de aço carbono do sistema de injeção de produto químico

- Tubulação de incêndio
- Tubulação de refrigeração do TC-C
- Linha 10"-F-B6-514
- Pipe rack – Estrutura e tubulação
- Bombas e tubulações do sistema de água de aquecimento
- SDV
- PSV
- Cabos de energia elétrica
- Bombas de água quente
- Turbo compressor "B",
- Cabos do Moto Compressor de gás lift "B"
- Turbo compressor "A"
- Moto Compressor de gás lift "A"
- Cabos do turbo compressor "C"

Depois do acidente, o operador da instalação realizou a reconstrução de itens críticos e solicitou o retorno das atividades, sendo aprovado pela ANP em 03/04/2014 com diversos condicionantes, entre eles a aprovação da Marinha, ocorrida em 04/04/2014.

3. Análise da gestão da segurança operacional da P-20

Nos itens a seguir, serão apresentados diversos aspectos relativos à gestão da segurança operacional realizada na P-20 considerados relevantes para o entendimento dos fatos e circunstâncias relacionados ao acidente investigado.

3.1. Histórico da área de produtos químicos da P-20

A área de produtos químicos era composta por tanques para armazenamento de anti-espumante, desemulsificante, anti-incrustante, inibidor de corrosão e etanol, este último possuía função de inibidor de hidrato. Além dos tanques, havia bombas para injeção dos respectivos produtos.

Esta área sofreu modificações visando ampliar a quantidade de armazenamento disponível à necessidade de produtos químicos no processo. No ano de 2006 foi realizada uma gestão de mudanças com o objetivo de substituir os tanques para aumentar a capacidade de estocagem e substituir os tanques de fibra de vidro por aço inoxidável. Esta

mudança não contemplou o tanque de etanol, que já era originalmente fabricado em aço inoxidável. A Figura 6 mostra a nova configuração da área após esta mudança.

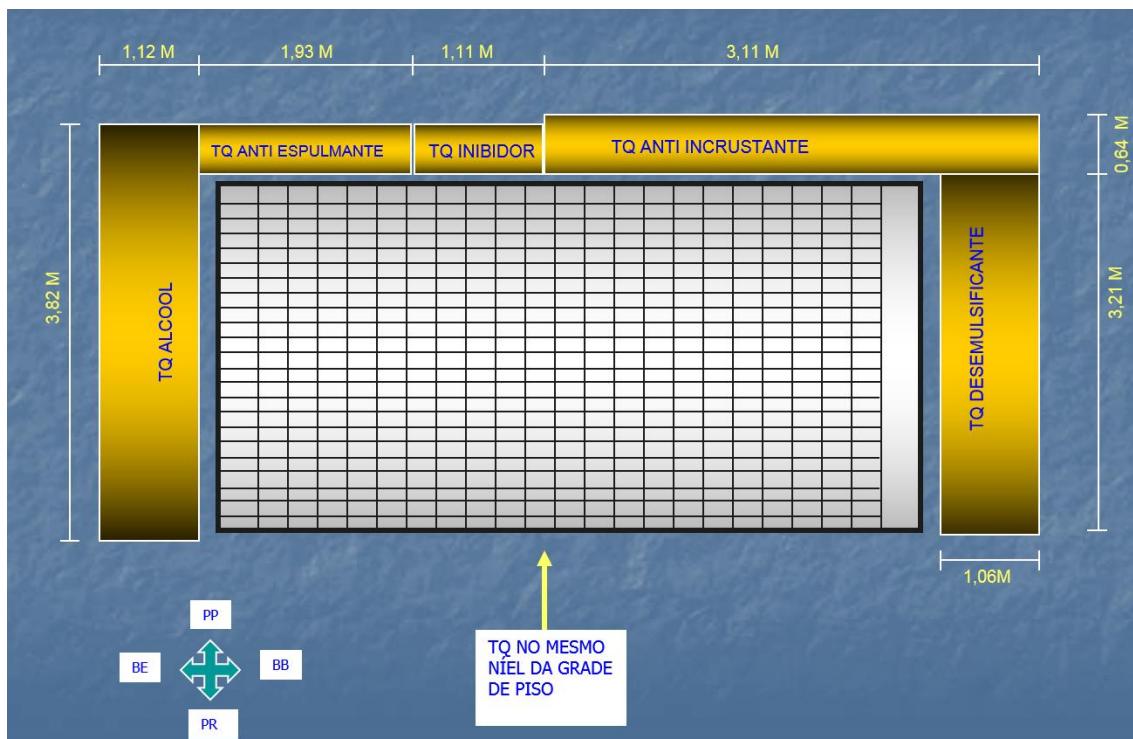


Figura 6 – Esquema da área de produtos químicos da P-20

No ano de 2013 foi realizada uma outra gestão de mudanças com o objetivo de interligar os tanques de MEG (monoetilenoglicol) e de etanol. Tal interligação teve por objetivo o aumento da capacidade de estocagem de etanol, possibilitando a drenagem do tanque de etanol para o tanque de MEG por gravidade.

O tanque de MEG era um equipamento usado para um projeto piloto de um sistema SBMS (Sistema de bombeamento multifásico submarino), que foi cancelado. O tanque de MEG permaneceu na área de produtos químicos da unidade após o fim do projeto mesmo não sendo utilizado, até 2013, quando foi feita a gestão de mudanças para interligá-lo ao tanque de etanol. O tanque de MEG não seguia os mesmos padrões que os demais, tais como: código de identificação (tag), e interligação ao sistema supervisório da unidade.

No questionário relacionado com a mudança não foram identificadas necessidades alteração em dispositivos de segurança, como o sistema de combate a incêndio, sistemas de alarme e intertravamento e nem de mudança na quantidade de produtos estocados na área em tanques ou tambores (Figura 7 e Figura 8). Logo, o tanque de MEG não constava no sistema supervisório da unidade, tampouco possuía alarme de nível alto ou baixo, contando apenas com a visualização de nível local.

Serviço	
Ambiente:	<input type="radio"/> On-Shore <input checked="" type="radio"/> Off-Shore
Instalação:	PETROBRAS 20, P-20, PETROBRAS XX, P-XX (EX FORTUNA UGLAND, EX SS-33)
Caráter do Serviço a Executar:	<input type="radio"/> Permanente <input checked="" type="radio"/> Temporário
Até:	31/12/2013
Descrição do Serviço:	Interligação do TQ-UQ-682501-05 de inibidor de hidrato com o TQ da unidade de MEG através de linha tubing de 3/4"
Razão para Executar o Serviço:	Possibilitar a transferência de álcool do TQ-UQ-682501-05 para o TQ da unidade de MEG quando não houver refis para abastecimento
Sistema onde Ocorrerá o Serviço:	INJEÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS

Figura 7 – Cabeçalho do formulário da gestão de mudança

Questionário	
O serviço irá ou poderá provocar alterações, (permanentes ou temporárias)?	
Atenção: Todos os quadros devem ser preenchidos.	
6	Em dispositivos de segurança, como por exemplo: PSV, ADV, sistemas de combate a incêndio, salvatagem?
3	Na instalação ou remoção de tubulações e acessórios tais como: flange, flange cego, mangueiras, tubulações, rede elétrica, caixa de junção, rede de informática, bandagens, drenagem, etc? (caráter provisório)
12	Na lógica ou software de controle, alarme e intertravamento dos sistemas ou equipamentos (PLC, estação de supervisão, controlador multimídia)?
19	Na quantidade de produtos estocados na área em tanques ou tambores?

Figura 8 – Extrato do questionário do formulário da gestão de mudança

Como pode ser observado na Figura 8, o item 3 foi respondido como “sim”, portanto, havia a possibilidade de análises adicionais (não mandatórias) e para a mudança em questão foi recomendado que a interligação dos tanques de MEG e etanol deveria conter duas válvulas de bloqueio que deveriam permanecer fechadas. Foi também recomendado que a transferência entre os tanques deveria ser feita com a presença do operador no local enquanto as válvulas estivessem abertas, devendo ser colocado um aviso junto à válvula de entrada no tanque de MEG, conforme mostrado na Figura 9.

Análise dos Itens NÃO MANDATÓRIOS (assinalados acima com "SIM")		
Item	Análise/Recomendação	Impeditivo (S/N)
3	A linha de interligação terá duas válvulas de bloqueio que deveram permanecer fechadas a transferência de álcool entre os TQs deveram ser com a permanência do Operador no local enquanto as válvulas estiverem abertas. Será colado um aviso junto a válvula de entrada do TQ de meg.	<input type="radio"/> Sim <input checked="" type="radio"/> Não

Figura 9 – Extrato do questionário do formulário da gestão de mudança, itens não mandatórios

No dia do acidente foi realizada uma transferência entre os tanques, porém, segundo informado pelo operador da instalação, não havia operador presente na área de produtos químicos.

3.2. Análise de risco da unidade de produtos químicos

A Análise Preliminar de Riscos (APR) relativa à unidade de produtos químicos, datada de 01/10/2010, previa os perigos de pequena liberação de produto químico e grande liberação de produto químico, causados respectivamente por vazamento ou por ruptura em linhas ou equipamentos. Ambos os perigos têm como uma das possíveis consequências o cenário de incêndio em poça. Os métodos de detecção identificados para estes cenários são detecção visual e odor, e como salvaguardas constam o sistema de dilúvio ADV-502 com parada da unidade; dique de contenção; e chuveiro lava-olhos. Os riscos são categorizados em relação às dimensões segurança pessoal (S), patrimônio (P), meio ambiente (M) e imagem da Companhia (I). Para segurança pessoal o risco foi categorizado como moderado em ambos os cenários de incêndio em poça (Figura 10 e Figura 11).

 PETROBRAS		Análise Preliminar de Riscos (APR)		Nº do Relatório RL-3010.20-6825-983-PSE-001		Rev.: 0		
		Instalação: P-20				Data: 01/10/2010		
Título: APR - Injeção Química Produção								
Processo: PRODUÇÃO			Subprocesso: PRODUTOS QUÍMICOS, SUPRIMENTO DE					
Trecho de Análise (1) Subsistema de injeção química da unidade.			Documentos: DE-3010.20-16825-642-FIL-001 (REVISÃO E) DE-3010.20-16825-642-FIL-002 (REVISÃO E)					
Perigo	Causas	Possíveis Efeitos	Salvaguardas ou Modos de Detecção	F	CATEG. SEVER. S P M I	CATEG. RISCOS S P M I T	Observações ou Recomendações	Cen.
Pequena liberação de produto químico	<ul style="list-style-type: none"> - Liberação de desemulsificante, sequestrante de H2S, álcool anidro, antiespumante e mono etíleno glicol causado por: vazamento em linha/acessório/equipamento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Possível incêndio em poça 	<ul style="list-style-type: none"> - Visual (D) - Odor (D) - Sistema de dilúvio ADV-502 com parada da unidade. (S) - Dique de contenção. (S) - Chuveiro lava olhos. (S) 	D	II II I I	M M T T	(0001) A área onde ficam armazenados os produtos químicos é aberta.	1
		<ul style="list-style-type: none"> - Possível incêndio em nuvem 	<ul style="list-style-type: none"> - Visual (D) - Odor (D) - Sistema de dilúvio ADV-502 com parada da unidade. (S) - Dique de contenção. (S) - Chuveiro lava olhos. (S) 	D	II II I I	M M T T	(0001) A área onde ficam armazenados os produtos químicos é aberta.	2

Figura 10 – APR – perigo de pequena liberação de produto químico

Grande liberação de produto químico	<ul style="list-style-type: none"> - Liberação de desemulsificante, sequestrante de H2S, álcool anidro, antiespumante e mono etíleno glicol causado por: ruptura em linha/acessório/equipamento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Possível incêndio em poça 	<ul style="list-style-type: none"> - Visual (D) - Odor (D) - Sistema de dilúvio ADV-502 com parada da unidade. (S) - Dique de contenção. (S) - Chuveiro lava olhos. (S) 	B	IV III I IV	M T T M	(0001) A área onde ficam armazenados os produtos químicos é aberta.	4
		<ul style="list-style-type: none"> - Possível incêndio em nuvem 	<ul style="list-style-type: none"> - Visual (D) - Odor (D) - Sistema de dilúvio ADV-502 com parada da unidade. (S) - Dique de contenção. (S) - Chuveiro lava olhos. (S) 	B	IV III I IV	M T T M	(0001) A área onde ficam armazenados os produtos químicos é aberta.	5

Figura 11 – APR – perigo de grande liberação de produto químico

Observa-se que foram identificadas salvaguardas não condizentes para os dois cenários de incêndio em poça relacionados na APR, por exemplo, o chuveiro lava-olhos que seria salvaguarda apenas para o cenário de irritação dérmica das mucosas. Não foram identificadas salvaguardas pertinentes ao cenário de incêndio, por exemplo, o sistema de drenagem do dique de contenção, uma vez a que a bacia de contenção formada pelo skid da unidade de produtos químicos não possuía capacidade suficiente para conter todo o volume derramado em caso de ruptura de um dos tanques. Além disso, pode-se observar outras salvaguardas inadequadas em outros cenários na mesma APR, por exemplo, o dique de contenção como salvaguarda de incêndio em nuvem.

Em suas premissas, a APR considera que a operacionalidade do sistema de combate a incêndio e que a análise de frequência e severidade foi realizada considerando a operacionalidade das salvaguardas e modos de detecção. As premissas da APR da P-20 são mostradas na Figura 12.

Premissas
<p>1. Revisão Quinquenal 2. As ações de manutenção e inspeção da Plataforma P-20 são gerenciadas por meio do Plano de Manutenção e Inspeção. 3. O sistema de detecção de fogo e gás e o sistema de combate a incêndio estão operacionais e sem by-pass. 4. O Sistema de Dilúvio e de CO2 foram analisados nesta APR com foco nos riscos relacionados a intervenção humana. 5. A análise de frequência e severidade dos cenários foi realizada considerando-se a operacionalidade das salvaguardas e modos de detecção. 6. A descrição da unidade está no documento DUM (Descrição da Unidade Marítima) da P-20. 7. Esta análise não levou em consideração o efeito dominó. 8. Equipamentos desativados: forno no convés principal, boiler de aquecimento de água a diesel localizado na praça de máquinas, incinerador, thruster (propulsores) nos pонтонs, separador de água e óleo do bilge na sala das centrifugas. 9. A avaliação das consequências de queda de cargas foi considerada em cada cenário onde este evento estava relacionado à causa dos Perigos de liberação.</p>

Figura 12 – Premissas da APR

O padrão corporativo sobre avaliação e gestão de riscos operacionais, define as condições para reavaliação dos estudos de risco antes da avaliação quinquenal:

“Os estudos também deverão ser reavaliados sempre que houver mudanças nos sistemas ou alterações significativas extramuros.”

Houve, portanto, desde 2010 ao menos duas mudanças significativas na área de produtos químicos, todavia não foi realizada a revisão da APR conforme determina a diretriz.

4. Fatores Causais e Causas Raiz

Os fatores causais⁴ e as causas raiz⁵ do acidente foram determinados a partir das informações coletadas durante a investigação realizada pela ANP, através da utilização do método da árvore de falhas. O mapa de causas raiz utilizado é o presente no Sistema Integrado de Segurança Operacional (SISO Incidentes) que se correlaciona com as práticas de gestão do SGSO (Sistema de Gestão de Segurança Operacional), estabelecido pela Resolução ANP nº 43 de 2007.

Como resultado da presente investigação, a Tabela 1 mostra a cronologia dos eventos que culminaram com o acidente.

Tabela 1 – Cronologia do incidente

Data	Hora	Evento
29/11/1989	-	Realizado dimensionamento das linhas de drenagem
15/06/2006	-	Aberta gestão de mudança para substituição dos tanques da área de produtos químicos
17/08/2009	-	Emitida memória de cálculo do sistema de dilúvio
22/03/2011	-	Emitida memória de cálculo do sistema de vent
23/07/2009	-	Emitido memorial descritivo contendo recomendação para adequação dos cabos para resistência a fogo
19/01/2009	-	Início da operação dos novos tanques com novos plugues fusíveis e aspersores dimensionados na memória de cálculo não implementados
26/12/2013	-	Preenchimento da PT de trabalho a quente para instalação de base da bomba no skid
	14:30	Início do trabalho a quente
	-	Finalização do trabalho
	-	Constatação visual e sonora de foco de incêndio na base do tanque de etanol, combate com extintor portátil
	-	Segundo combate com extintor na área
	-	Rompimento do tanque com estrondo ouvido na unidade. Projeção do trabalhador provocando entorse no tornozelo
	-	Espalhamento do álcool em chamas no deck principal da plataforma
	17:59:50	Detecção de fogo pela rede de plugues fusíveis na zona 503
	17:59:57	Detecção de fogo pela rede de plugues fusíveis na zona 502
	17:59:59	Abertura das ADVs
	18:00:03	Início de parada de emergência tipo ESD-3 na unidade
	18:01:17	Partida das bombas de incêndio
	18:01:55	Queda do barramento
	-	Atuação da brigada
	-	Realizada manobra de adernamento da plataforma

⁴ Fator causal é qualquer ocorrência negativa ou condição indesejada que, caso fosse eliminada, evitaria a ocorrência do incidente, ou reduziria sua severidade.

⁵ Causa raiz é a ausência, negligência ou deficiência dos sistemas gerenciais que possibilitaram a ocorrência de falhas de equipamentos/sistemas; e/ou erros humanos determinantes para a ocorrência do incidente investigado.

Data	Hora	Evento
	18:15	Atuação de embarcações <i>fire fighting</i>
	-	Fim do combate com brigada
	20:50	Fim do combate com embarcações <i>fire fighting</i>

A árvore de falhas contendo o primeiro nível dos fatores causais é apresentado na Figura 13. O mapa completo encontra-se no anexo.

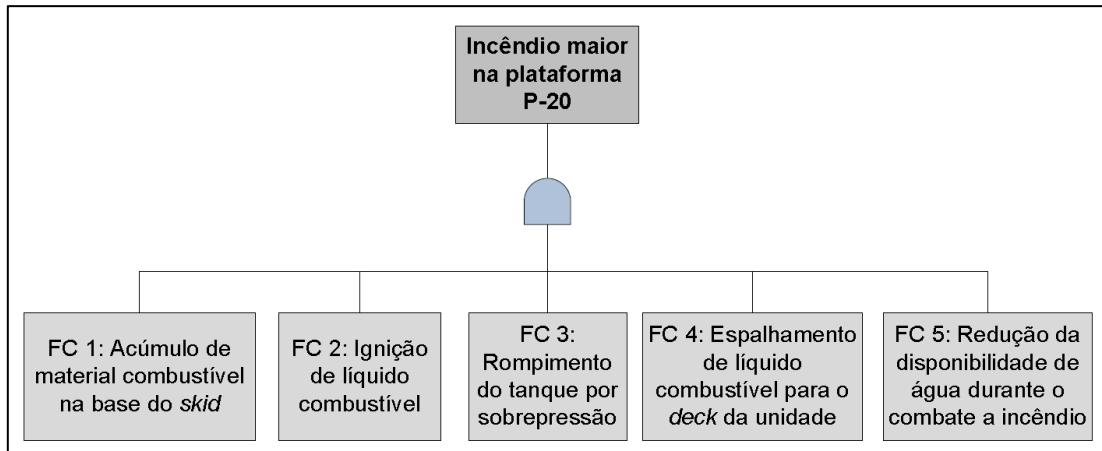


Figura 13 – Fatores causais do incidente

A seguir serão detalhados os fatores causais e causas raiz que contribuíram para a ocorrência do acidente.

4.1. Fator causal nº 1: Acúmulo de material combustível na base do skid

Conforme relatos obtidos durante o processo de investigação, o princípio de incêndio que deu início ao acidente começou na base do *skid* da unidade de produtos químicos. Dessa maneira, pode-se afirmar que havia material combustível acumulado nesse local. Não foi possível precisar qual foi a origem deste material (transbordamento de um dos tanques, resíduo de realização de trabalho na área, etc.), fato é que qualquer produto que tenha se acumulado na base do *skid* não conseguiu ser escoado através do dreno aberto existente neste local.

A Figura 14, elaborada pelo operador da instalação após o acidente, mostra a localização dos drenos na área do *skid* de químicos.

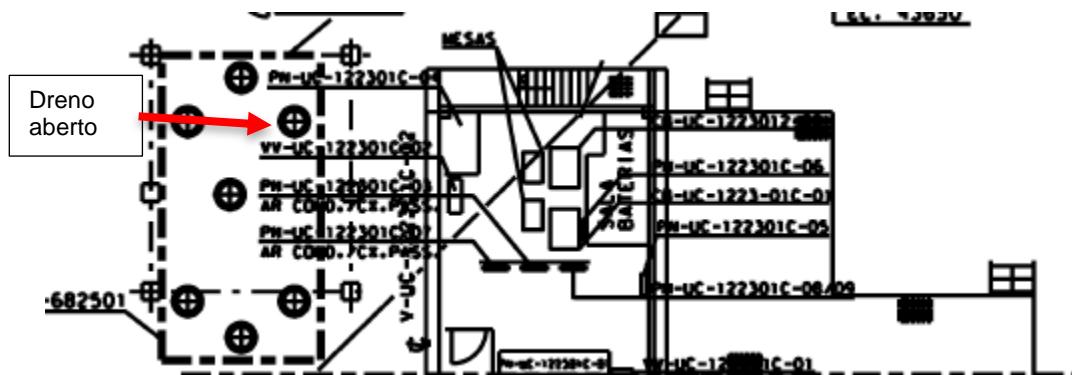


Figura 14 – Desenho mostrando a previsão de sete drenos (desenho elaborado após o acidente)

No desenho, pode-se visualizar sete drenos, contudo, durante auditoria realizada pela ANP foi evidenciado a existência de apenas um dreno aberto na base dos tanques, localizado abaixo do *skid*, situação esta que permanecia inalterada desde a época do incêndio. Os demais drenos fazem parte do sistema de drenagem fechada e não deveriam constar como drenos abertos no desenho.

Este dreno aberto está localizado em posição oposta à base do tanque de etanol atingido (Figura 15). Conforme será mostrado a seguir, este dreno não possuía uma rotina adequada de limpeza e desobstrução.



Figura 15 – Tanque de etanol e posição do único dreno aberto da contenção (foto posterior à reconstrução da instalação)

Conforme a Figura 16, a base do *skid* da área de produtos químicos era dividida por anteparas que possuíam aberturas para comunicação do líquido, possibilitando o escoamento, porém, como essas aberturas eram desalinhadas, era difícil a passagem do líquido até o dreno aberto, fato que contribuiu para o acúmulo de material combustível no *skid* de produtos químicos.



Figura 16 – Localização do dreno aberto da área de produtos químicos

A seguir são analisadas as causas do acúmulo de material combustível na base do *skid*.

4.1.1. Causa raiz nº 1: Rotina de limpeza dos *skids* e desobstrução dos drenos abertos inadequada

A atividade de inspeção e limpeza dos *skids* da plataforma P-20 era realizada conforme a programação do Plano de Manutenção, no qual foi estabelecida a periodicidade semanal para execução desta tarefa.

A programação para execução deste plano é realizada automaticamente pelo sistema SAP (sistema que gerencia os planos de manutenção). Assim que uma nota de manutenção é encerrada pelo responsável, o sistema gera automaticamente uma nova nota de manutenção, programando a data desejada para execução da próxima atividade para sete dias após o encerramento da nota anterior.

A tarefa contemplada nas notas de manutenção do plano supracitado consistia em verificar se as bandejas de contenção dos *skids* da plataforma, inclusive o *skid* da unidade de injeção química, se encontravam com acúmulo de resíduo oleoso/inflamável ou químico.

Caso fosse verificada a presença de resíduos destes materiais nos *skids*, deveria ser providenciada a limpeza imediata. Caso fossem observados drenos obstruídos, deveria ser criada uma nota de manutenção corretiva (nota ZR) para sua desobstrução.

Foi evidenciado que a execução da tarefa de desobstrução do dreno não estava sendo realizada com a periodicidade definida no Plano de Manutenção. Algumas notas

foram encerradas com atrasos significativos em relação à data programada, de 39, 19 e 24 dias. Este atraso impacta diretamente na programação das notas de manutenção subsequentes, comprometendo assim a rotina semanal de realização desta tarefa.

Além de não estarem sendo executadas com a periodicidade estabelecida, as notas de manutenção não estavam sendo registradas de forma devida pelos seus responsáveis, tampouco seguiam a diretriz para utilização do sistema SAP, que define o *modus operandi* para execução e registro das atividades no sistema. Foi informado pela Petrobras que esta diretriz estaria em desuso e nunca havia sido utilizada efetivamente, mesmo se tratando de uma diretriz para uso da Unidade de Negócio da Bacia de Campos (UN-BC).

Diretriz para utilização do SAP-R/3 (Módulo PM) – UN-BC

Para as operações previstas em planos desta categoria, tomar-se-á por base o seguinte fluxograma:

1. Supervisor de cada área consulta na IW28 as notas ZC para seu centro/grupo de planejamento da unidade e centro de trabalho responsável;
2. Supervisor libera a nota para execução da manutenção de 1º escalão;
3. Supervisor, operador, cabotagem ou segurança (executante) imprime a nota, executa o serviço e informa no campo texto da nota os comentários pertinentes à manutenção de primeiro escalão solicitada;
4. Supervisor encerra a nota;
5. Caso identifique uma necessidade de serviço da manutenção, a Operação cria nova Nota para o planejador de manutenção.

Figura 17 – Diretriz para utilização do SAP

Conforme os relatórios extraídos do sistema SAP, diversas notas foram encerradas sem nenhum registro das verificações feitas. Nestas notas não há sequer a designação do executante ou evidência de que estas notas de manutenção tenham sido realmente executadas.

Em outras notas, o executante relata que constatou a presença de materiais na verificação, mas descreve apenas que a limpeza estaria sendo realizada, sem identificar o material encontrado ou o *skid* onde foi feita tal constatação, dificultando a rastreabilidade.

Outro problema no registro destas notas de manutenção é a impossibilidade de rastreamento da abertura de uma eventual nota de manutenção corretiva para o caso de verificação de obstrução em algum dos drenos abertos.

Ao ser constatada a presença de resíduos nos *skids* ou obstrução dos drenos, não eram abertas notas de manutenção corretiva para a limpeza e/ou desobstrução dos drenos conforme determinava a diretriz. Neste caso, era designado à ECOP (Equipe de continuidade operacional) a tarefa de limpeza da área. Não há registros da execução desta atividade e

constam nos relatos das entrevistas realizadas que esta tarefa consistia em uma simples varrição do local identificado.

Em auditoria realizada em 2015 na instalação pela ANP foi constatado que, mesmo após o acidente, a área de produtos químicos permanecia com problemas de obstrução no dreno. Nesta ocasião, foi verificado que, ao se lançar no *skid* um jato de água de mangueira de combate a incêndio, esta não escorria pelo ralo, ficando acumulada no local.

Desta forma, o operador não cumpriu o estabelecido no procedimento operacional para realização da rotina de manutenção dos *skids* e desobstrução do sistema de drenagem, favorecendo ao acúmulo de material inflamável na base do *skid* da área de produtos químicos. Tal fato contraria o item **13.2.1 do Regulamento Técnico SGSO** – “*O Operador da Instalação terá como atribuição: estabelecer planos e procedimentos para inspeção, teste e manutenção, a fim de buscar a integridade mecânica dos seus sistemas, estruturas, Equipamentos e Sistema Críticos de Segurança Operacional*”.

4.2. Fator causal nº 2: Ignição de líquido combustível

Uma vez ocorrido o acúmulo de material combustível no interior do *skid*, o incêndio certamente só ocorreu devido a presença de uma fonte de ignição que deu início à combustão.

A investigação não conseguiu determinar, com as informações coletadas, a fonte de ignição que deu origem ao incêndio, porém uma série de possíveis fontes foi analisada.

Foi evidenciado que, momentos antes do início do acidente, que foi realizada uma atividade a quente com o uso de lixadeira, corte e solda que tipicamente geram fagulhas. A partir das evidências de falhas na análise dos riscos e salvaguardas dessa atividade, o trabalho a quente foi considerado a causa mais provável da fonte de ignição.

As fontes de ignição “*fagulhas geradas pelas bombas de produtos químicos*” e “*centelhas geradas por cabos elétricos não isolados*” foram consideradas menos prováveis devido ao fato de não ter sido levantada nenhuma anormalidade relacionada, como falhas de manutenção ou relatos feitos pelas pessoas que conheciam a área de produtos químicos.

Existem outras fontes que foram consideradas improváveis, são elas: (i) pontos quentes; (ii) eletricidade estática; e (iii) fagulhas de ferramentas. Não foi evidenciada a presença de tais fatores na área de produtos químicos na data do acidente.

A Tabela 2 mostra os fatores considerados e a avaliação da possibilidade de relação com o princípio de incêndio.

Tabela 2 – Avaliação das fontes de ignição

Fontes de ignição	Avaliação ANP
Trabalho a quente	Mais provável
Fagulhas das bombas de injeção de produtos químicos	Menos provável
Centelhas de cabos elétricos não isolados	Menos provável
Pontos quentes	Improvável
Eletricidade estática	Improvável
Fagulhas de ferramentas	Improvável

Após análise de todas as possíveis fontes de ignição, foi, portanto, considerada como a causa mais provável da ignição o trabalho a quente sem as salvaguardas adequadas.

A tarefa que estava sendo executada momentos antes do acidente se tratava da montagem da base de uma bomba para movimentação de produtos químicos na zona 502 (zona onde ocorreu o incêndio). Esta tarefa contava com uma permissão de trabalho (PT) a quente, ou seja, um trabalho que poderia gerar uma fonte de ignição. A PT continha diversos itens de verificação. Foram observados vários desvios na implementação da permissão de trabalho com possíveis contribuições para o acidente. O cabeçalho da PT é apresentado na Figura 18.

BH PETROBRAS		PERMISSÃO PARA TRABALHO A QUENTE (EXTRAORDINÁRIO)			NÚMERO 25482/2013
Unidade: P-20		Área Emitente: COORDENAÇÃO DE PRODUÇÃO	Hora: 13:30	Límite Início do Trabalho: 15:30	Límite Término do Trabalho: 19:00
Requisitante: <input type="text"/>		Matrícula: <input type="text"/>	Empresa: IESE ÓLEO E GÁS S/A		
Equipamento: EQUIPAMENTOS DO PROCESSO		Localização: Z-502			
Trabalho a Executar		APN-2: 13209			
PCM-AS-191 MONTAGEM DO SKID DA BOMBA ANTI-CRUISTANTE NA Z-502 COM USO DE LIXADEIRA ELÉTRICA, MAQUINA DE SOLDA E FERRAMENTAS MANUAIS.					

Figura 18 – Cabeçalho da PT 25482/2013

O processo de emissão de PT se divide em quatro fases: (i) preenchimento e emissão; (ii) planejamento de trabalhos simultâneos; (iii) liberação; e (iv) auditoria. Na primeira fase, efetua-se o preenchimento do formulário e das Análises de Perigos Nível (APN) 1 ou 2 conforme aplicável, sendo os técnicos de segurança responsáveis pela validação das APNs. Para atividades de trabalho a quente é obrigatória a realização de APN de nível 2.

Na ocasião do acidente, o emissor da PT esteve no local meia hora antes para avaliar o andamento do serviço e não constatou problemas.

O operador da instalação informou que foi gerada uma PT para a montagem do *skid* da bomba de anti-incrustante, tarefa realizada mais próxima ao local do princípio de incêndio. Esta tarefa foi iniciada pouco tempo antes do incidente. Segundo relatado pelo operador da instalação, houve um erro no preenchimento dessa PT que levou à sua anulação e reimpressão. Essa PT reimpressa foi aprovada e assinada, porém, conforme relatado pelo operador da instalação, todas as vias do documento foram perdidas, inclusive as que deveriam estar na sala de controle.

A investigação da ANP teve acesso à versão rasurada da PT e também à última versão salva no sistema de geração de PTs. Ambas as versões dos documentos tinham seus itens de verificação preenchidos da mesma forma.

Na permissão de trabalho, foram verificados desvios relativos ao monitoramento, aprovação e análise prévia. Tais desvios denotam fragilidades no sistema de gerenciamento que contribuíram para a ocorrência do acidente e foram, portanto, consideradas causas raiz para a ignição do combustível.

4.2.1. Causa raiz nº 2: Monitoramento e aprovação da PT inadequados

A PT que foi anulada continha assinatura do emissor, além do horário de início do trabalho (14:15h) e teve uma verificação periódica (também assinada) às 15:45h.

Figura 19 – Registro de início do trabalho da PT 25482/2013

18 - A operação de mergulho a ser realizada pode ser caracterizada como trabalho de alto potencial de risco?

Responsável pela Análise

ki

Matrícula/CPF

Matrícula/CPF

EFETUAR VERIFICAÇÕES PERIÓDICAS DE 04 EM 04 HORAS

Pelo Executante/Requisitante	Nome
Rubrica	
Hora	
Rubrica	Nome
Hora	Matrícula
Rubrica	Nome
Hora	Matrícula
Pelo Executante/Requisitante	Nome
Rubrica	
Hora	
Rubrica	Nome
Hora	Matrícula
Pelo Executante/Requisitante	Nome
Rubrica	
Hora	
Rubrica	Nome
Hora	Matrícula

Figura 20 – Registro de verificação periódica da PT 25482/2013

Essa versão da PT foi anulada devido a uma falha constatada na sua aprovação, porém esta já continha o registro de verificação periódica. Portanto, fica evidenciado que o trabalho foi iniciado antes da respectiva aprovação do documento, o que representa uma falha no sistema de Permissão de Trabalho.

A falha no processo de aprovação da permissão de trabalho implica que o operador da instalação não garantiu que tenham sido implementadas as aprovações necessárias ao início da tarefa envolvendo corte e solda, atividades essas que são fontes ignição em local com material inflamável. Tal fator contraria o item **17.3.1 do Regulamento Técnico SGSO**. *“O Operador da Instalação será responsável por monitorar o desempenho das atividades em conformidade com os requisitos estabelecidos em procedimentos aprovados, nas permissões de trabalho e nas informações e documentação correlata”*.

4.2.2. Causa Raiz nº 3: Análise prévia da Permissão de Trabalho inadequada

Além de o trabalho ter sido iniciado sem a devida aprovação, a permissão de trabalho assinada contém problemas de avaliação das medidas de segurança, dos quais se destacam:

- No item de verificação “Os combustíveis foram removidos ou cobertos?” foi dada a resposta “NA” (Não aplicável), mesmo sendo uma área com acúmulo de combustíveis;
- No item de verificação “O trabalho a ser executado foi verificado em conjunto com o executante?”, o preenchimento foi feito no sistema APLAT (sistema informatizado no qual é feita a emissão de PTs), não garantindo a verificação prévia *in loco* das condições de trabalho antes do início da tarefa.

Para o trabalho realizado sobre o mar			
SIM NÃO <input checked="" type="checkbox"/> As condições de vento e mar estão dentro dos limites estabelecidos por Norma ?	SIM NÃO <input checked="" type="checkbox"/> Existe bôia salva-vidas disponível no local ?		
SIM NÃO <input checked="" type="checkbox"/> Existe embarcação disponível p/ resgate de homem ao mar ?	SIM NÃO <input checked="" type="checkbox"/> Existe uma pessoa com equipamento de comunicação observando o trabalho ?		
SIM NÃO <input checked="" type="checkbox"/> Os executantes estão usando colete salva-vidas e cinto de segurança ?			
Cliente do MCB: _____	Matrícula: _____	Empresa: _____	
SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO NA O trabalho a ser realizado é caracterizado como uma mudança?	SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO NA O Trabalho a ser executado foi verificado em conjunto com o executante?		
SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/> O equipamento cató flangulado c/ou as tubulações bloqueadas e/ou desconectadas ?	SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/> O equipamento foi drenado e/ou lavado e/ou limpo e/ou ventilado ?		
SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/> O equipamento está corretamente sinalizado com etiquetas de advertência ?	SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/> Foram tomadas precauções quanto à liberação de gases inflamáveis na área ?		
SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/> Foram realizadas inspeções prévias nos equipamento elétricos(lumináries, quadros, painéis, etc.) ?	SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/> Os sistemas e equipamentos de combate a incêndio do local onde será executado o trabalho estão em condições normais de operação ?		
SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/> As mangueiras de ar comprimido estão com seus engates rápidos travados ?	SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/> Foram realizados testes de presença de gases inflamáveis/tóxicos ?		
SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/> O local foi isolado, sinalizado e o pessoal desnecessário afastado ?	SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/> Foram tomadas precauções quanto à energização acidental do equipamento ?		
SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/> <u>Os combustíveis foram removidos ou cobertos?</u>	SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/> <u>Era providenciada a contenção de faíulas?</u>		
SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/> Os cabos elétricos estão sem emendas e/ou suspensos?	SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/> Caso o equipamento esteja acoplado a equipamento elétrico (ex: motor elétrico), foram tomadas precauções quanto à energização acidental do equipamento ?		
SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/> Existem recursos disponíveis para neutralizar/controlar vazamentos ?			
Observações			
Atenção para não danificar as redes de plugue fusível.			
SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO Permanência do Operador no Local de Trabalho			
ANÁLISE AMBIENTAL			
Assinale conforme o caso: sim [S] ou não [N]			
O Local de Trabalho tem:			
SIM <input checked="" type="checkbox"/> Líquido Inflamável	SIM <input checked="" type="checkbox"/> Líquido corrosivo	SIM <input checked="" type="checkbox"/> Gás Tóxico (ppm)	
SIM <input checked="" type="checkbox"/> Sólido combustíveis	SIM <input checked="" type="checkbox"/> Gás combustíveis (%LE)		
SIM <input checked="" type="checkbox"/> Cinto de Segurança	SIM <input checked="" type="checkbox"/> EPI adicional necessário e proteções		
SIM <input checked="" type="checkbox"/> Iluminação p/ uso em área classificada (tipo Ex)	SIM <input checked="" type="checkbox"/> Ventilação Forçada	SIM <input checked="" type="checkbox"/> Colete Salva-vidas	
Vestimenta	Óculos	Luvas	Protetor Respiratório
EPI's OBRIGATÓRIOS (CAPACETE, BOTA, PROT. AURIC. E UNIFORME)	ÓCULOS SEGURANÇA CONTRA IMPACTO	LUVA VAQUETA	MASC. C/ MAT. PARTICULADO PFF-2(S)
Recomendações adicionais de segurança(Indicadas pelo Profissional de Segurança)			
<i><u>INSTALAÇÃO DE MANTA/ANTEPARA, PARA PROTEÇÃO DA UNIDADE DE MEG/ÁLCOOL NA PRÓXIMIDADE.</u></i>			

Figura 21 – Análise prévia da PT 25482/2013

Na análise ambiental integrante da Permissão de Trabalho relativa ao serviço de montagem da base da bomba de anti-incrustante, verifica-se que o item que questionava a existência de “*Líquido inflamável*” no local foi assinalado como “*NÃO*”, o que mostra que a análise ambiental não levou em consideração as características do local de trabalho, uma vez que os *skids* e as bandejas continham líquidos inflamáveis nas proximidades. Um ponto que contradiz a avaliação ambiental foi a recomendação para “*instalação de manta/antepara para proteção da unidade de meg/álcool na proximidade*”.

Na análise de perigo nível 1 (APN-1), no item que questiona se “*Os equipamentos para execução deste trabalho oferecem risco de gerar centelha, faíscas ou eletricidade estática quando forem utilizados em área classificada?*” foi assinalada a resposta “*NÃO*”,

mesmo se tratando de trabalho com lixadeira e máquina de solda, fato que evidencia a falha na análise de risco da tarefa.

ANÁLISE DE PERIGO NÍVEL 1		NÚMERO 25482/2013	DATA 26/12/2013
1 - A execução deste trabalho implica em alteração (inclusive as temporárias) nas condições operacionais, que possa acarretar parada de sistemas de segurança ou provocar emergência?		SIM NÃO	
2 - Durante a execução deste trabalho pode haver contato com equipamento energizado de forma não prevista nos procedimentos operacionais?		SIM NÃO	
3 - Durante a execução deste trabalho pode haver contato com temperatura extrema de forma não prevista nos procedimentos operacionais?		SIM NÃO	
4 - Durante a execução deste trabalho haverá intervenção em circuito de controle ou de proteção de painéis elétricos essenciais?		SIM NÃO	
5 - Durante a execução deste trabalho haverá intervenção em circuito pertencente a sistema de no-break ou de corrente contínua crítico que causará a indisponibilidade do sistema?		SIM NÃO	
6 - Os equipamentos para a execução deste trabalho oferecem riscos de gerar centelhas, faiscas ou eletricidade estática quando forem utilizados em área classificada?		SIM NÃO	
7 - A execução deste trabalho pode interferir na segurança operacional de outras áreas de operação?		SIM NÃO	
8 - Este trabalho será executado no interior de espaços confinados?		SIM NÃO	
9 - Este trabalho será executado em altura, com acesso por cordas?		SIM NÃO	
10 - Este trabalho será executado sobre o mar?		SIM NÃO	
11 - Este trabalho será executado em área com presença de H2S?		SIM NÃO	
12 - O trabalho a quente será executado em área classificada ou em equipamento classe A ou em equipamento classe B interligado a equipamento classe A?		SIM NÃO	
13 - Este trabalho envolve o uso de fonte de radiação ionizante?		SIM NÃO	
14 - A abertura de equipamento ou linha classe A ou classe B interligado a outro classe A a ser realizada pode ser caracterizada como trabalho de alto potencial de risco?		SIM NÃO	
15 - O trabalho em equipamentos e sistemas pressurizados a ser realizado pode ser caracterizado como trabalho de alto potencial de risco?		SIM NÃO	
16 - O trabalho em equipamentos e sistemas energizados a ser realizado pode ser caracterizado como trabalho de alto potencial de risco?		SIM NÃO	
17 - O trabalho em altura a ser realizado pode ser caracterizado como trabalho de alto potencial de risco?		SIM NÃO	
18 - A operação de mergulho a ser realizada pode ser caracterizada como trabalho de alto potencial de risco?		SIM NÃO	

Figura 22 – APN1 da PT 25482/2013

A falta da verificação efetiva dos perigos e adoção de salvaguardas existentes no ambiente de trabalho antes da execução permitiu a ocorrência de potenciais fontes de ignição em uma área com presença de combustíveis.

Os fatos relatados contrariam o item **17.2.1.3 do Regulamento Técnico SGSO**: “*O operador da instalação deverá considerar a necessidade da análise prévia das condições de segurança para execução de tarefas, bem como dos perigos existentes no ambiente de trabalho*”.

4.3. Fator causal nº 3: Rompimento do tanque por sobrepressão

Uma vez iniciado o incêndio na base do *skid*, causado pelo encontro do combustível com a fonte de ignição, tem-se o cenário previsto na APR vigente à época, referente a “*incêndio em poça devido a pequena liberação de produto químico*”. O rompimento do tanque de etanol, que levou ao escalonamento de um cenário que inicialmente se tratava de um princípio de incêndio para um incêndio maior, ocorreu devido a falhas das salvaguardas mitigadoras, que serão apresentadas a seguir.

4.3.1. Causa raiz nº 4: Falta de plugues fusíveis e bicos aspersores

Para o cenário de “*incêndio em poça devido a pequena liberação de produto químico*”, figura como salvaguarda na APR o sistema de dilúvio. Dessa maneira, a confiabilidade do sistema de dilúvio mostra-se essencial para o combate ao incêndio a tempo de prevenir o seu escalonamento. Durante a investigação realizada pela ANP, analisou-se o sistema de dilúvio de forma a determinar se o mesmo se encontrava implementado conforme o projeto da unidade.

Os desenhos do sistema de plugues fusíveis e bicos aspersores do projeto original da unidade, datados de 28/05/1991, mostram 12 plugues fusíveis e 12 bicos aspersores localizados sobre a UQ-682501.

Conforme o desenho de projeto da unidade química, o tanque de etanol original (rompido) possuía 3,00 m de altura, enquanto a elevação dos plugues fusíveis era de 3,97 m em relação ao piso do convés principal. Portanto, de acordo com o projeto original da unidade, os plugues fusíveis estavam a 0,97 m do teto do tanque. Observa-se que não havia plugues fusíveis e bicos aspersores localizados na base do tanque.

A rede de dilúvio existente foi analisada durante o projeto de modernização da unidade de produtos químicos. O Memorial Descritivo deste projeto, com data de 16/07/2010, afirma o seguinte (Figura 23):

A rede de dilúvio do sistema de Produtos Químicos foi redimensionada e a atual deverá ser desmontada devido ao novo arranjo proposto para as bombas e tanques. Os cálculos da nova rede encontram-se na Memória de Cálculo MC-3010.20-5420-940-TCT-003.

O número e a disposição dos bicos aspersores e plugue fusíveis foi reavaliado, de modo a garantir que o sistema seja atendido de acordo com os requisitos descritos na norma.

Devido à premissa de que a pressão no ponto mais remoto seja no mínimo de 2,1 bar, foram realizadas simulações para a rede proposta incluindo todos os consumidores que a ADV-50201 comprehende (Unidade Química, Pipe rack e Forno e Painel da Tocha de Alta).

O novo arranjo da rede de dilúvio pode ser observado no Anexo III deste Documento.

Figura 23 – Memorial Descritivo do projeto de modernização da unidade de produtos químicos

A Memória de Cálculo da nova rede de dilúvio menciona, em seu item 1 (Objetivo), o texto da Figura 24.

1. OBJETIVO

Esta memória de cálculo tem o objetivo de dimensionar um novo sistema de dilúvio para atender a área onde se localiza a Unidade de Produtos Químicos da Plataforma P-20, que será modificada, passando por uma modernização.

A modernização contempla a substituição dos tanques de fibra de vidro por tanques de aço inox com dimensões diferentes dos originais, e a substituição e inclusão de novas bombas de injeção.

A rede de dilúvio do sistema de Produtos Químicos atual é composta de 12 bicos aspersores, distribuídos em 4 ramais de $\frac{3}{4}$ " de diâmetro, provenientes de um header de 3", com um plugue fusível para cada bico. Estes ramais estão cerca de 4 metros acima das bombas, distância essa bastante elevada, que diminui a eficiência de proteção da rede. A ADV que atende a área é a ADV-50201.

Todo o sistema será recalculado, incluindo nos cálculos o número de bicos por equipamento, de plugue fusível além da disposição e diâmetro das tubulações.

Figura 24 – Memória de cálculo do sistema de dilúvio

Portanto, os dois documentos apontam que a configuração existente para a rede de dilúvio, composta por 12 bicos aspersores, possuía eficiência diminuída.

Após realizar o dimensionamento da quantidade de aspersores requeridos, pelos critérios de Especificação Técnica Petrobras e da NFPA 15; e da quantidade de plugues fusíveis requeridos, pelos critérios do API RP 14C, tem-se que a Memória de Cálculo menciona que os critérios definidos pela Petrobras são mais restritivos, requerendo que a quantidade de plugues fusíveis seja igual à quantidade de bicos aspersores. Dessa maneira, a Memória de Cálculo chega às seguintes quantidades de plugues fusíveis e bicos aspersores por equipamentos da Unidade Química:

Tabela 3 – Quantidade de plugues fusíveis e bicos aspersores

Equipamento	Quantidade de plugues fusíveis e bicos aspersores adotada
TQ-682501-01A	4
TQ-682501-02A	8
TQ-682501-03A	9
TQ-682501-04	3
TQ-682501-05	11
Área das bombas (anti-espumante)	1
Área das bombas (desemulsificante)	1
Área das bombas (inibidor de hidrato/sequestrante de H ₂ S)	7
Total	44

Em seu item 9 (Conclusões), a Memória de Cálculo então apresenta o seguinte:

- De acordo com o arranjo proposto para o novo sistema, DE-3010.20-5420-944-TCT-007, existirão pontos na rede onde haverão bicos aspersores colocados muito próximos diferindo somente no ângulo entre eles, de modo a ficarem direcionados a partes distintas dos equipamentos a serem protegidos. Será considerado um plugue fusível para cada bico aspersor, (total de bicos aspersores adotados = 44 e de plugue fusíveis = 44) na nova rede de dilúvio a ser instalada a área onde se localiza a Unidade de Injeção Química.

Figura 25 – Memória de cálculo do sistema de dilúvio

Conforme a Memória de Cálculo, o arranjo proposto para os plugues fusíveis segue os requisitos do API RP 14C:

Tabela 2 - Critérios para dimensionamento de sistema de plugue-fusível

Critério	Componente		Arranjo	Número mín. de plugues
A ¹	CABEÇA DE POÇO		01 para cada cabeça.	
B ¹	HEADER		01 para cada 3 m de comprimento.	2
C	VASOS DE PRESSÃO	1. Vertical	01 para cada 0,3 m de D _{ex} , até no máximo cinco.	1
		a. D _{ex} < 1,2 m	01 para cada 1,5 m de comprimento.	2
D	TANQUES ATMOSFÉRICOS		02 para cada 1,5 m de comprimento, dispostos em duas fileiras paralelas.	4
			01 para cada bocal de saída, entrada, dreno e vent.	
E	VASOS E COMPONENTES PERMANENTEMENTE AQUECIDOS		O mesmo que para os vasos de pressão, acrescentando-se 01 para o “vent”.	
F	PERMUTADORES DE CALOR		01 para cada saída do permutador.	2
G	BOMBAS		01 sobre cada caixa de engrenagem.	
H	COMPRESSORES	1. Deslocamento positivo	01 sobre cada carcaça.	
		2. Centrífuga	01 para cada cilindro ² .	
I	MÁQUINAS	1. Ignição	01 sobre cada carburador ou válvula de injeção ² .	
		2. Diesel	01 por bomba de injeção ² .	
J ³	VÁLVULAS DO TIPO XV, ESDV, PV, PCV, LV, VE, FV, CAISSON, ÁREA DE INFLAMÁVEIS		01 para cada solenoide, válvula de alimentação de combustível (“governor valve”) e bomba PTO.	
			01 plugue, sendo o melhor arranjo definido durante o detalhamento, de acordo com as características da válvula (ou equipamento).	
K ³	“MANIFOLDS” DE MEDAÇÃO, “SKIDS” DE EQUIPAMENTOS E SISTEMA DE TURBOCOMPRESSOR		01 para cada par de bico aspersor do sistema de dilúvio.	1
L ³	FILTROS		01 para cada par de bico aspersor do sistema de dilúvio.	1

Figura 26 – Memória de cálculo do sistema de dilúvio

A planta de arranjo de tubulação elaborada após a Memória de Cálculo do sistema de dilúvio lista como documentos de referência o Memorial Descritivo e o fluxograma supramencionados. A planta exibe um arranjo que possuiria plugues fusíveis não apenas localizados sobre o topo dos tanques, mas também próximos à base dos tanques, a 1,1 m do nível do convés principal. Esta planta não consta como “*as built*”, o que indica que este projeto não chegou a ser implementado.

No fluxograma proposto para o sistema havia a mensagem informando que o documento deveria ser cancelado após a obra e suas informações incluídas no desenho correspondente mediante *as built*, fato que reforça a não implementação do projeto. Esta informação foi confirmada por interlocutores durante a auditoria realizada na unidade em fevereiro de 2017 pela ANP, que afirmaram que o projeto para o sistema de dilúvio

elaborado durante o Projeto de Modernização da Unidade Química não havia sido implementado antes do acidente.

Dessa maneira, na data do acidente, a área da Unidade de Produtos Químicos contava com 12 plugues fusíveis e bicos aspersores, todos localizados acima do topo dos tanques. Portanto, conforme a avaliação realizada, tal quantitativo era insuficiente de acordo com a normas e códigos utilizados, conferindo uma eficiência reduzida ao sistema.

A ocorrência de incêndio em poça na base do *skid* demonstrou que a configuração existente do sistema era inadequada para detecção e mitigação do cenário que se desenvolvia, pois o sistema de dilúvio tardou a ser acionado na zona onde ocorria o incêndio, devido à grande distância entre a base do *skid* e os plugues fusíveis.

Portanto, durante a Gestão de Mudança da substituição dos tanques da Unidade de Produtos Químicos foi levantada a necessidade de instalação de mais plugues fusíveis e bicos aspersores e proposto um arranjo para tal instalação no qual haveria plugues fusíveis e bicos aspersores localizados na base e sobre o topo dos tanques. Entretanto, essa melhoria no sistema de dilúvio (que representa uma salvaguarda ao cenário de incêndio) não foi implementada, apesar de ter sido apontada como necessária pelo projeto de mudança do sistema de Produtos Químicos.

Cabe ressaltar que na época do acidente, o operador da unidade conduzia estudos para instalação de sensores de chama (tipo IR3) na planta de processo, e isso estava de acordo com a nova filosofia de segurança da unidade. Porém, de acordo com as informações prestadas, a operadora considera necessário apenas o atendimento à filosofia de segurança vigente à época do projeto, que indicava a detecção por plugues fusíveis, sendo que na área de produtos químicos a instalação dos sensores não foi feita de acordo com o dimensionamento.

Os fatos relatados evidenciam o descumprimento do item **16.2 do Regulamento Técnico SGSO:** “*Mudanças nas operações, procedimentos, padrões, instalações ou pessoal devem ser avaliadas e gerenciadas de forma que os riscos advindos destas alterações permaneçam em níveis aceitáveis.*”

4.3.2.Causa raiz nº 5: Falha no dimensionamento dos vents dos tanques

Em 2009, por ocasião da substituição dos tanques de fibra de vidro da Unidade Química por tanques em aço inoxidável, foi realizada uma Memória de Cálculo de verificação das linhas de *vent* atmosférico.

Este documento menciona, em seu item “2-Premissas de Cálculo”, que “*os cálculos das linhas de vent seguem os requerimentos descritos na norma API 2000 – Venting Atmospheric*

and Low-Pressure Storage Tanks". Tal norma é mencionada dentre os documentos de referência da Memória de Cálculo, em sua 5^a edição, datada de abril de 1998.

Em seu item 4, a Memória de Cálculo menciona as situações para cálculo das vazões de *vent*: Condição Normal (item 4.1.1), que inclui o processo de entrada e saída de líquido e as variações de temperatura no tanque ocasionadas por mudanças climáticas; e Condição Crítica (Critério de Fogo), no item 4.1.2, que calcula a vazão na situação na qual o tanque de armazenamento está exposto ao fogo.

Estas situações, a princípio, estão alinhadas com os requisitos da norma API 2000 5^a edição, que indica, em seu item 4.3.1, as seguintes condições para cálculo da vazão requerida para o *vent*:

- a. *Vazão de aspiração (INBREATHING) resultante da máxima vazão de saída de líquido no tanque – critério volumétrico*
- b. *Vazão de aspiração (INBREATHING) resultante da contração ou condensação de vapores causados pela diminuição máxima na temperatura do espaço de vapor – critério térmico*
- c. *Vazão de expiração (OUTBREATHING) resultante da máxima vazão de entrada de líquido no tanque – critério volumétrico*
- d. *Vazão de expiração (OUTBREATHING) resultante da expansão e vaporização decorrentes do máximo aumento na temperatura do espaço de vapor – critério térmico*
- e. *Vazão de expiração (OUTBREATHING) resultante da exposição ao fogo*

A Memória de Cálculo apresenta as vazões para cada uma das situações acima descritas, chegando aos valores apresentados na Tabela 4:

Tabela 4 – Cálculo das vazões dos *vents*

Tanque	Produto	Vazão calculada para a Condição Normal (Nm³/h)		Vazão calculada para a condição de fogo (m³/h)
		Aspiração	Expiração	
TQ-682501-01A	Anti-espumante	1,636	34,857	4695
TQ-682501-02A	Desemulsificante	1,762	42,767	7968
TQ-682501-03A	Anti-incrustante	1,655	34,857	7845
TQ-682501-04A	Inibidor de Corrosão	1,663	42,767	2399
TQ-682501-05	Inibidor de Hidrato	1,694	42,798	5183

Como é possível verificar, as maiores vazões foram definidas para os *vents* dos tanques para a condição de fogo. No entanto, no item 4.1.2, ao detalhar a condição de critério

de fogo, a Memória de Cálculo afirma que tal condição não seria a situação dimensionante para cálculo das linhas de *vent*, conforme mostrado na Figura 27:

4.1.2 Condição Crítica (Critério Fogo)
Esta condição calcula a vazão na situação na qual o tanque de armazenamento está exposto ao fogo.
O cálculo da vazão crítica de ar na linha do <i>vent</i> é baseado no cálculo da área molhada do tanque entre outras variáveis, como a seguir:
<ul style="list-style-type: none"> - Calor absorvido pelo tanque devido à exposição ao fogo; - Fator ambiental (coeficiente de transferência de calor e espessura do isolamento do tanque, caso exista); - Temperatura de ebulação do líquido armazenado no tanque; - Calor latente do líquido armazenado no tanque; - Peso molecular do vapor do líquido armazenado.
<p>Geralmente a condição de exposição ao fogo não é a situação dimensionante para cálculo de linhas de <i>vent</i>, visto que o dimensionamento de sistema de dilúvio verifica se a vazão calculada de água para proteger um determinado equipamento é suficiente para que o fluido não atinja a temperatura de ebulação. Logo, no cálculo do sistema de dilúvio, para que essa condição seja descartada, a carga térmica gerada pela água de dilúvio deve ser maior ou igual à carga térmica resultante da exposição ao fogo.</p>
Para o projeto em questão, o critério fogo foi considerado no dimensionamento do sistema de dilúvio, detalhado na Memória de Cálculo – MC-3010.20-5420-940-TCT-003.

Figura 27 – Memória de cálculo dos *vents*

Pode-se comprovar que as vazões calculadas para o caso de fogo foram efetivamente descartadas, ao se analisar as vazões mássicas utilizadas para calcular a perda de carga nas tubulações. A Tabela 5 abaixo apresenta as vazões volumétricas calculadas para a condição normal (maior vazão entre a calculada para o critério térmico e para o critério volumétrico) e as respectivas vazões mássicas utilizadas para o cálculo da perda de carga.

Tabela 5 – Cálculo das vazões do sistema de *vent*

Tanque	Máxima Vazão de Aspiração – Condição Normal (Nm³/h)	Vazão utilizada para calcular a perda de carga em aspiração (kg/h)	Máxima Vazão de Expiração – Condição Normal (Nm³/h)	Vazão utilizada para calcular a perda de carga em expiração (kg/h)
TQ-682501-01A	1,636	2,116	34,857	45,106
TQ-682501-02A	1,762	2,279	42,767	55,352
TQ-682501-03A	1,655	2,141	34,857	45,106
TQ-682501-04A	1,663	2,151	42,767	55,352
TQ-682501-05	1,694	2,190	42,798	56,490

É possível depreender que as vazões utilizadas para o cálculo da perda de carga se tratam das máximas vazões obtidas em condição normal, convertidas para vazão mássica utilizando-se a densidade do ar de 1,29 kg/m³. O caso de fogo foi, portanto, desconsiderado

no dimensionamento dos *vents*. O item de conclusões (Figura 28) do mesmo documento ratifica que o caso de fogo foi descartado no dimensionamento:

8. CONCLUSÕES			
Como citado acima, para que a condição crítica (exposição ao fogo) possa ser descartada, a carga térmica gerada pela água de dilúvio deve ser maior ou igual à carga térmica resultante da exposição ao fogo. Portanto, para o dimensionamento do dilúvio, os valores do calor absorvido pelos tanques da Unidade Química, estão citados a seguir:			
	A_Molhada (m ²)	Q_Calor Absorvido (Watt)*	Q_AR (m ³ /h)
TQ-682501-01A	14,062	888.015,3	4695
TQ-682501-02A	28,932	1.505.829,5	7968
TQ-682501-03A	28,146	1.482.536,7	7845
TQ-682501-04A	11,996	757.547,4**	2399
TQ-682501-05	33,48	1.635.551,3	5183

*Dado obtido da API-2000.
**Foi considerado os dados do inibidor de hidrato, por apresentar menor ponto de fulgor, dentre todos os produtos químicos.

Baseado nos cálculos demonstrados acima se pode concluir que:

- Os cálculos da queda de pressão (ΔP) nos *vents* em questão mostram que não serão necessárias modificações no diâmetro da tubulação, pois as condições de pressão e velocidades mínimas serão atendidas. Os encaminhamentos dos *vents* apresentaram uma pequena alteração do atual, para a instalação dos novos corta-chamas, conforme anexo III:

Figura 28 – Conclusões da Memória de cálculo dos *vents*

O trecho ressaltado confirma que a Memória de Cálculo considera que, em caso de exposição do tanque ao fogo, o sistema de dilúvio protegeria o equipamento de forma que o fluido não atingiria a temperatura de ebulação. Esta premissa, no entanto, está em desacordo com a Norma API STD 2000.

No item 4.2.1, a norma define que o caso de exposição ao fogo é uma circunstância que deve ser considerada como causa de sobrepressão (Figura 29):

4.2 CAUSES OF OVERPRESSURE OR VACUUM
4.2.1 General
When the possible causes of overpressure or vacuum in a tank are being determined, the following circumstances must be considered:
a. Liquid movement into or out of the tank. b. Tank breathing due to weather changes (e.g., pressure and temperature changes). c. Fire exposure. d. Other circumstances resulting from equipment failures and operating errors.

Figura 29 – API STD 2000

Em seu item 4.3.3, a norma determina que o tipo construtivo do tanque define se haverá necessidade de capacidade de *venting* adicional: caso o tanque possua ligação fraca entre o costado e o teto, não é requerida capacidade adicional de *venting*, uma vez que, em caso de sobrepressão, essa ligação romperia preferencialmente em relação a qualquer outra junta, sendo a sobrepressão aliviada de forma segura.

O tanque em questão não possuía ligação fraca entre teto e costado. Essa informação foi confirmada por interlocutores da auditoria e pelo fato de que, caso o tanque possuísse tal ligação fraca, o mesmo não teria rompido em sua costura lateral, e sim no teto.

Logo, deveriam ter sido seguidos os requisitos do item 4.3.3.2 do API 2000, que determina que, para tanques sem ligação fraca entre o costado e o teto, a capacidade requerida para o *vent* é dada pelas equações 1A ou 1B.

A equação 1B, que se trata da mesma equação 1A porém em unidades do sistema métrico, é mostrada na Figura 30:

B. Metric Units		
$Nm^3/h = 881.55 \times \frac{QF}{L} \times \left(\frac{T}{M}\right)^{0.5}$		(1B)
where		
Nm^3/h = venting requirement, in normal cubic meters per hour of air,		
Q	heat input from fire exposure, in Watts. Heat input is provided in the following summary:	
Wetted Surface Area (square mm)	Design Pressure (barg)	Heat Input (Watts)
<18.6	≤1.034	$Q = 63,150A$
≥18.6 and <93	≤1.034	$Q = 224,200A^{0.566}$
≥93 and <260	≤1.034	$Q = 630,400A^{0.338}$
≥260	between 0.07 and 1.034	$Q = 43,200A^{0.82}$
≥260	≤0.07	$Q = 4,129,700$

Figura 30 – API STD 2000

A Figura 31 abaixo mostra a definição da Norma para as grandezas consideradas na fórmula apresentada:

A = wetted surface area of the tank, in square meters (see Table 3B, Footnotes a and b),
F = environmental factor from Table 4B. Credit may be taken for only one environmental factor
L = latent heat of vaporization of the stored liquid at the relieving pressure and temperature, in kilojoules/kilogram (kJ/kg),
T = temperature of the relieving vapor, in degrees Kelvin. It is normally assumed that the temperature of the relieving vapor corresponds to the boiling point of the stored fluid at the relieving pressure,
M = molecular weight of the vapor.

Figura 31 – API STD 2000

A norma exibe na tabela 4B, mostrada na Figura 32, os valores possíveis para o fator ambiental F:

Table 4B—Environmental Factors for Nonrefrigerated Aboveground Tanks
B. Metric Units

Tank Design/Configuration	Insulation Conductance (Watts/m ² °K)	Insulation Thickness (cm)	F Factor
Bare metal tank	—	0	1.0
Insulated tank ^a	22.7	2.5	0.3 ^b
“ ”	11.4	5	0.15 ^b
“ ”	5.7	10	0.075 ^b
“ ”	3.8	15	0.05 ^b
“ ”	2.8	20	0.0375 ^b
“ ”	2.3	25	0.03 ^b
“ ”	1.9	30	0.025 ^b
Concrete tank or fireproofing	—	—	(see note c)
Water-application facilities ^d	—	—	1.0
Depressuring and emptying facilities ^e	—	—	1.0
Underground storage	—	—	0
Earth-covered storage above grade	—	—	0.03
Impoundment away from tank ^f	—	—	0.5

Notes:

^aThe insulation shall resist dislodgment by fire-fighting equipment, shall be noncombustible, and shall not decompose at temperatures up to 1000°F (537.8°C). The user is responsible to determine if the insulation will resist dislodgment by the available fire-fighting equipment. If the insulation does not meet these criteria, no credit for insulation shall be taken. The conductance values are based on insulation with a thermal conductivity of 4 BTU per hour per square foot per °F per inch of thickness (9 Watts per square meter per °C per centimeter of thickness). The user is responsible for determining the actual conductance value of the insulation used. The conservative value of 4 BTU per hour per square foot per °F per inch of thickness (9 Watts per square meter per °C per centimeter of thickness) for the thermal conductivity is used.

^bThese F factors are based on the thermal conductance values shown and a temperature differential of 1600°F (888.9°C) when using a heat input value of 21,000 BTU per hour per square foot (66,200 Watts per square meter) in accordance with the conditions assumed in API Recommended Practice 521. When these conditions do not exist, engineering judgment should be used to select a different F factor or to provide other means for protecting the tank from fire exposure.

^cUse the F factor for an equivalent conductance value of insulation.

^dUnder ideal conditions, water films covering the metal surfaces can absorb most incident radiation. The reliability of water application depends on many factors. Freezing weather, high winds, clogged systems, undependable water supply, and tank surface conditions can prevent uniform water coverage. Because of these uncertainties, no reduction in environmental factors is recommended; however, as stated previously, properly applied water can be very effective.

^eDepressuring devices may be used, but no credit shall be allowed in sizing the venting device for fire exposure.

^fThe following conditions must be met: A slope of not less than 1 percent away from the tank shall be provided for at least 50 feet (15 meters) toward the impounding area; the impounding area shall have a capacity that is not less than the capacity of the largest tank that can drain into it; the drainage system routes from other tanks to their impounding areas shall not seriously expose the tank; and the impounding area for the tank as well as the impounding areas for the other tanks (whether remote or with dikes around the other tanks) shall be located so that when the area is filled to capacity, its liquid level is no closer than 50 feet (15 meters) to the tank.

Figura 32 – API STD 2000

O fator ambiental F, em alguns casos, assume um valor menor que 1,0 (um), atuando como redutor da vazão requerida. No entanto, conforme ressaltado na Figura 32, para tanques com aplicação de água (o que seria o caso do tanque em questão, que possuía sistema de dilúvio) o fator é 1,0. A nota d indicada para este caso ressalta que:

"Sobre condições ideais, filmes de água cobrindo a superfície de metal podem absorver a maior parte da radiação incidente. A confiabilidade da aplicação de água depende de vários fatores. Tempo gelado, ventos fortes, sistemas obstruídos, suprimento de água não confiável, e as condições da superfície do tanque podem impedir a cobertura uniforme de água. Devido a essas incertezas, não é recomendada, nenhuma redução no fator ambiental, entretanto, água aplicada de maneira correta pode ser muito efetiva."

Ou seja, ao se calcular o fluxo de calor devido ao fogo absorvido pelo equipamento e que gerará a sobrepressão causada pelo aquecimento/evaporação de produto, o fator ambiental (F) de um equipamento com aplicação de água (1,0) deve ser igual de um equipamento não-isolado termicamente sem esse dispositivo. Dessa maneira, a norma considera que a existência de um sistema de névoa não motiva a diminuição do calor incidente sobre o equipamento para fins de cálculo da vazão de fogo.

Portanto, a premissa adotada na Memória de Cálculo de verificação das linhas de *vent* atmosférico de se descartar a condição de fogo no dimensionamento dos *vents* não encontra respaldo na norma API 2000. Adicionalmente, ao se comparar as cargas térmica requeridas para o sistema de dilúvio para que a condição de fogo fosse descartada no dimensionamento do *vent* com as cargas térmicas teoricamente absorvidas pela água do sistema de dilúvio da Memória de Cálculo, constata-se que, para todos os tanques da Unidade Química, exceto pelo tanque TQ-682501-05, as cargas térmicas teóricas absorvidas pela água do sistema de dilúvio são menores que as cargas térmicas requeridas para o sistema de dilúvio devido a premissa de dimensionamento dos *vents*.

Portanto, o sistema de dilúvio dimensionado, (que contava com 44 aspersores) não seria capaz de absorver a carga térmica gerada em caso de fogo, logo a premissa de dimensionamento do *vent* não teria sido atingida, para todos os tanques da Unidade Química, exceto pelo tanque TQ-682501-05.

A carga térmica absorvida pelo sistema de dilúvio existente (que contava com 12 aspersores) era muito inferior à requerida para absorver a carga térmica em caso de fogo, logo, mesmo que a norma permitisse essa premissa, o sistema de dilúvio era insuficiente, e o *vent* deveria ser capaz de aliviar uma vazão maior em caso de fogo.

Como consequência da adoção desta premissa equivocada, a Memória de Cálculo concluiu que não seriam necessárias modificações nos diâmetros das tubulações de *vent* dos

tanques da Unidade Química, tendo sido mantidos os *vents* pré-existentes de diâmetro 2". Todavia, esses *vents* não seriam suficientes para realizar o alívio da pressão em condição de fogo no tanque, condição que para o tanque TQ-682501-05 demandava uma vazão de alívio mais de cem vezes superior à requerida para a condição normal.

Dessa maneira, quando ocorreu o incêndio em poça em torno do tanque de etanol, o sistema de dilúvio demorou a atuar por não contar com plugues fusíveis junto à base do tanque, conforme visto anteriormente, o que quebrou a premissa de dimensionamento do *vent* do tanque.

A taxa de evaporação do etanol aumentou significativamente devido à incidência de calor e o *vent* não foi capaz de aliviar a vazão de vapor gerada nessa situação, causando sobrepressão no interior do tanque, levando-o ao rompimento.

Diante do exposto, conclui-se que a falha no dimensionamento do *vent* do tanque de etanol foi causa raiz para o acidente, e tal falha caracteriza-se como um desvio ao item **10.2.1 do Regulamento Técnico SGSO**: "*O Operador da Instalação deverá Atender aos critérios de projeto e considerar as normas, os padrões da indústria e boas práticas de engenharia no planejamento do projeto, construção, instalação e desativação da Instalação.*"

4.4. Fator causal nº 4: Espalhamento de líquido combustível para o *deck* da unidade

Após o rompimento do tanque de etanol, o cenário acidental, que antes era de um princípio de incêndio, se agravou, pois o conteúdo inflamável do tanque somou-se ao líquido acumulado no *skid* que se encontrava em combustão. Ressalta-se que nesse momento materializou-se outro cenário previsto na APR do sistema de injeção de produtos químicos, o de grande liberação de produto químico causado por ruptura de equipamento. Para este cenário, consta como salvaguarda o dique de contenção.

A Figura 33 mostra as laterais dos tanques da zona 502 e seu posicionamento no limite da área com *skid*. Evidencia-se através da figura que o dique formado pelas laterais do *skid* não tinha como conter o líquido vazado em caso de rompimento nas laterais externas. No caso do tanque de etanol, duas das laterais estavam nos limites deste dique de contenção, sendo que o rompimento ocorreu em uma dessas laterais, vertendo o produto inflamável para fora dos limites da contenção.

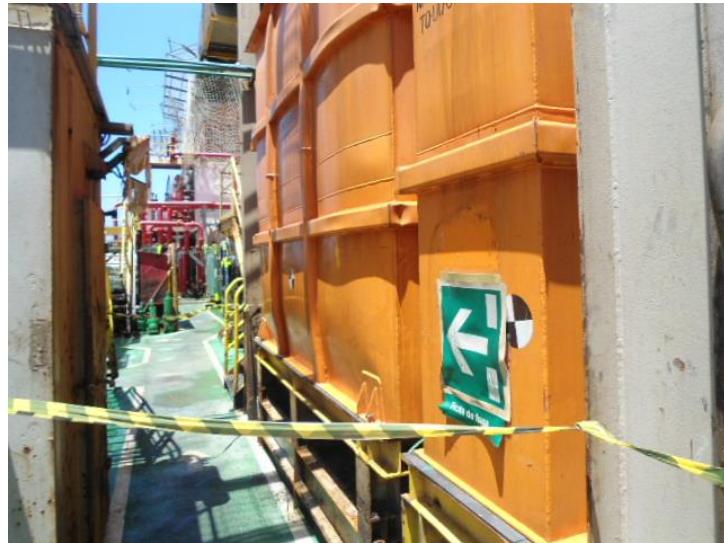


Figura 33 – Laterais dos tanques na zona limite sobre o *skid*

Segundo informado pelo operador da instalação, a contenção tem a função de conter derramamentos e vazamentos por enchimento excessivo.

O dique não era capaz de reter todo o inventário de álcool no momento da perda de contenção causada pelo rompimento na lateral do tanque, devido ao fato de as laterais deste estarem posicionadas nos limites do dique de contenção. Adicionalmente, seu volume não era suficiente para conter todo o volume de um tanque caso o mesmo rompesse.

Aliado a este fato, o incêndio causou rompimento de conexões dos demais tanques da unidade de produtos químicos, preenchendo o *skid* com outros líquidos inflamáveis. Para não haver derramamento do *skid*, a drenagem aberta deveria conseguir escoar o fluido para local seguro, isolado de fontes de ignição. No acidente analisado, tal fato não ocorreu, sendo a causa para tal apresentada a seguir.

4.4.1. Causa raiz n º6: Cálculo do sistema de drenagem inadequado

A Memória de Cálculo de dimensionamento da rede de drenagem aberta elaborada durante o projeto da unidade (com data de 29/11/1989), em seu anexo III, mostra o resultado de dimensionamento da drenagem dos *skids*, incluindo o *skid* da Unidade de Produtos Químicos (Figura 34):

ANEXO III- QUADRO RESUMO SOBRE A DRENAGEM DE SKIDS						
:	identificação/	localização	vazão de	SKID	vazão de	diâmetro da
:	descrição	(convés)	dilúvio(m³/h)	L x C (m)	drenagem(m³/h)	coletor (Poi)
:	UC-682501	:	:	:	:	:
:	unid. de dosag.	princ.	19.58	8.1 x 4.0	51.47	1x3"
:	química	:	:	:	:	:

Figura 34 – Memória de cálculo do sistema de drenagem

Observa-se que a vazão de drenagem considerada para o dimensionamento foi de 51,47 m³/h, superior à vazão de dilúvio de 19,58 m³/h e resultando em um coletor de 3" para o *skid* da unidade de produtos químicos.

Em 2009, por ocasião da substituição dos tanques de fibra de vidro da Unidade Química por tanques em aço inoxidável, foi emitida uma Memória de Cálculo de dimensionamento / verificação de linhas de injeção e drenagem. O item 5 deste documento apresenta a seguinte observação referente à linha de drenagem aberta do *skid*, mostrada na Figura 35:

- **Linha de Drenagem Aberta**

Atualmente, a linha de drenagem aberta do Skid da Unidade de Injeção Química é de 2", em aço carbono. Para a verificação dessa linha, será considerado como vazão a drenagem do volume útil dos tanques presentes na Unidade de Injeção Química durante 1 hora

Tanque	Vazão (m ³ /h)
TQ-682501-01A	2,35
TQ-682501-02A	7,31
TQ-682501-03A	5,73
TQ-682501-04A	1,86
TQ-682501-05	8,33

O tanque TQ-682501-04A, que se encontra vazio apresenta o menor volume útil, dentre todos os outros tanques, portanto não será considerado como vazão dimensionante.

Figura 35 – Memória de cálculo do sistema de drenagem

Não há indicação no documento sobre qual foi a referência utilizada para seleção do critério de drenagem do volume útil dos tanques em uma hora.

Conforme o Memorial Descritivo do projeto (datado de 16/07/2010), o tanque de etanol (TQ-UQ-682501-05) possuía um volume útil de 8,33 m³. A vazão dimensionante, de 8,33 m³/h, portanto, é capaz de escoar o volume útil do tanque em uma hora. Essa vazão não é capaz de drenar rapidamente todo o volume vazado no caso de colapso do tanque. Outro cenário de perda de contenção previsto em APR era o cenário de ruptura de linha

entre uma bomba e um dos tanques durante enchimento do mesmo. Neste caso, a vazão de produto a preencher o *skid* seria a de alimentação do tanque, vazão que foi considerada no dimensionamento das drenagens fechadas, e apresentada na tabela abaixo:

Tabela 6 – Vazão de alimentação dos tanques

Tanque	Vazão de alimentação do tanque (m ³ /h)
TQ-682501-01A	16,46
TQ-682501-02A	20,38
TQ-682501-03A	16,46
TQ-682501-04A	20,38
TQ-682501-05	20,38

Observa-se que a maior vazão de enchimento dos tanques de produto químico (20,38 m³/h) é mais do que o dobro daquela considerada para o dimensionamento da drenagem aberta. Ou seja, a drenagem aberta não foi dimensionada de forma a conseguir escoar toda a vazão resultante de uma perda de contenção no *skid*, causada por rompimento de conexão de enchimento nos tanques ou por ruptura de um dos tanques. A vazão considerada é inferior também à vazão de dilúvio.

Já a vazão dimensionante apresentada na Memória de Cálculo da drenagem à época do projeto da unidade (51,47 m³/h) seria capaz de escoar o volume útil do tanque de etanol (maior tanque) em cerca de 10 minutos.

Ressalta-se que a norma ISO 13702 preconiza, em seu item B.4 (Controle de vazamentos), que:

“A capacidade do sistema de drenagem deve ser suficiente para lidar com derramamentos de proporções razoáveis, coincidentes com atividades de combate a incêndio e/ou dilúvio. O projeto dos sistemas de drenagem deve possuir margem para contabilizar possíveis bloqueamentos que possam restringir a capacidade do sistema e deve ser projetado de forma a prevenir que combustível em chamas espalhe fogo para outras áreas.”

Dessa maneira, a premissa de dimensionamento da linha de drenagem aberta (escoamento do volume útil do tanque em uma hora) se mostrou inadequada por levar a um diâmetro insuficiente de tubulação de drenagem e não encontra respaldo técnico em normas ou boa prática da indústria. Tal fato contraria o item **10.2.1 do Regulamento Técnico SGSO**: *“O Operador da Instalação deverá atender aos critérios de projeto e considerar as normas, os padrões da indústria e boas práticas de engenharia no planejamento do projeto, construção, instalação e desativação da Instalação.”*

4.5. Fator causal nº 5: Redução da disponibilidade de água durante o combate ao incêndio

Após o rompimento do tanque e espalhamento de produto inflamável pelo *deck* da unidade, houve o acionamento da brigada de emergência, que deu início ao combate a incêndio com a utilização de hidrantes e mangueiras alimentadas pela rede de água.

Conforme relatos, durante o combate ao incêndio houve redução da disponibilidade de água, que afetou a duração e extensão do evento, pois o incêndio poderia ter sido debelado mais rapidamente caso houvesse maior disponibilidade de água. As causas de tal fato são analisadas a seguir.

A queima do cabo do barramento elétrico causou a interrupção de recebimento de diversos sinais pelo sistema supervisório (Figura 36). A partir desse momento, diversos alarmes presentes no *log* de eventos podem não significar um valor de um parâmetro de processo fora dos limites especificados, e sim que o sinal correspondente proveniente da instrumentação deixou de ser recebido pelo sistema supervisório. As válvulas do sistema de dilúvio (ADVs) são do tipo FA (falha aberta), logo a investigação concluiu que as mesmas foram abertas por esse motivo, e que o sinal de pressão baixa nos pressostatos do anel de incêndio comandou a partida das bombas de incêndio.

ANÁLISE DO LOG DE ALARMES E EVENTOS - INCIDENTE INCÊNDIO EM P-20						
Iniciador do ESD - 1º evento ocorrido						
Alarmes confirmados durante ou após evento				OBS: Não considerado Horário de verão, ACRESCENTAR 01:00 hora.		
Alarmes consequentes ao evento						
Alarmes gerados devido a queima de equipamentos						
Data:	Pri:	E斯塔ção:	Tagname:	Tipo:	Descrição:	Mensagem:
26/12/2013 às 17:01:45	1	IO2P20	INTER_ZSH50201EPT	EVT	ADV_50201 = Dilúvio na Z_502 EM 0	ALARMADO
26/12/2013 às 17:01:49	2	IO2P20	INTER_MQV51201AEBS	ALM	ALARME MANUAL DE INCENDIO EM 1	alarmado
26/12/2013 às 17:01:52	1	IO2P20	INTER_ZSH31401EPT	EVT	ADV_31401 = Dilúvio na Z_314 EM 0	ALARMADO
26/12/2013 às 17:01:55	1	IO2P20	INTER_PNS14002VOAEB5	ALM	SINAL DE TENSÃO O NA BARRA EM 1	alarmado
26/12/2013 às 17:02:08	1	IO2P20	INTER_MFM30101EBS	ALM	FOGO_Z_301 = FM_30101/02 EM 1	ALARMADO
26/12/2013 às 17:02:09	1	IO2P20	INTER_PNS14002VORFB5	ALM	SINAL DE TENSÃO O NA BARRA EM 1	alarmado
26/12/2013 às 17:02:09	1	IO2P20	INTER_HSE512003AFBS	ALM	BOMBAS COMBATE INCENDIO EM 1	ALARMADO
26/12/2013 às 17:02:09	1	IO2P20	INTER_HSE512003AFBS	EVT	BOMBA CAPTACAO A DESLIGADA EM 0	ALARMADO
26/12/2013 às 17:02:09	1	IO2P20	INTER_PNS14002VORFB5	ALM	FM_40701 FM_40702 ZONA 407 EM 1	ALARMADO
26/12/2013 às 17:02:09	1	IO2P20	INTER_PNS14002VORFB5	ALM	FOGO_Z_521A = FM_52101A EM 1	ALARMADO
26/12/2013 às 17:02:09	1	IO2P20	INTER_HSE512003AFBS	ALM	ALARME MANUAL DE INCENDIO EM 1	alarmado
26/12/2013 às 17:02:09	1	IO2P20	INTER_HSE512003AFBS	ALM	RELE TERMICO ATUADO EM 1	ALARMADO
26/12/2013 às 17:02:09	1	IO2P20	INTER_HSE512003AFBS	ALM	RELE TERMICO ATUADO EM 1	alarmado
26/12/2013 às 17:04:12	3	IO2P20	INTER_PAL121004DEBS	ALM	POCO SATELITE D	NORMALIZADO
26/12/2013 às 17:04:12	3	IO2P20	PAL121004D	ALM	POCO SATELITE D	FORA_DE_ALARME
26/12/2013 às 17:05:10	1	IO2P20	INTER_XS52003AEBS	ALM	C-122301A FUMACA SALA CONTROLE EM 1	alarmado
26/12/2013 às 17:05:10	1	IO2P20	INTER_XS52303AEBS	ALM	C-122301A - FOGO NA TURBINA EM 1	alarmado
26/12/2013 às 17:05:17	2	IO2P20	INTER_XA52301A2EBS	ALM	FOGO DETECTADO EM 1	alarmado
26/12/2013 às 17:05:24	1	IO2P20	INTER_PAL20201EBS	ALM	PRESSAO BAIXA LINHA ADV ZONA 202 EM 1	ALARMADO
26/12/2013 às 17:05:24	1	IO2P20	INTER_PA50601EBS	ALM	PRESSAO BAIXA LINHA ADV ZONA 506 EM 1	ALARMADO
26/12/2013 às 17:05:24	1	IO2P20	INTER_PA1001EBS	ALM	PRESSAO BAIXA LINHA ADV ZONA 310 EM 1	ALARMADO
26/12/2013 às 17:05:24	1	IO2P20	INTER_PA1901EBS	ALM	PRESSAO BAIXA LINHA ADV ZONA 519 EM 1	ALARMADO
26/12/2013 às 17:05:24	1	IO2P20	INTER_PA50401EBS	ALM	PRESSAO BAIXA LINHA ADV ZONA 504 EM 1	ALARMADO
26/12/2013 às 17:05:24	1	IO2P20	INTER_PA50501EBS	ALM	PRESSAO BAIXA LINHA ADV ZONA 505 EM 1	ALARMADO
26/12/2013 às 17:05:27	1	IO2P20	INTER_HSE512003AFBS	EVT	FORA_DE_ALARME	alarmado
26/12/2013 às 17:05:27	1	IO2P20	INTER_HSE512003AFBS	ALM	TO INTER_HS_BUZ_ESD	alarmado
26/12/2013 às 17:05:27	1	IO2P20	INTER_HSE512003AFBS	ALM	evento	generico
26/12/2013 às 17:05:27	1	IO2P20	INTER_HSE512003AFBS	ALM	TO INTER_HS_BUZ_ESD	alarmado
26/12/2013 às 17:05:27	1	IO2P20	INTER_HSE512003AFBS	ALM	TO INTER_HS_BUZ_ESD	alarmado
26/12/2013 às 17:05:27	1	IO2P20	INTER_HSE512003AFBS	ALM	TO INTER_HS_BUZ_ESD	alarmado
26/12/2013 às 17:09:40	1	IO2P20	INTER_AST31000520EBS	ALM	GAS DETECTADO 20% ZONA 310 EM 1	ALARMADO

Figura 36 – Dados do supervisório

Há relatos de que o pessoal de bordo, ao constatar o incêndio, também realizou a abertura das ADVs, tanto pela sala de controle quanto em campo, com o objetivo de resfriar os outros equipamentos e reduzir os efeitos do incêndio.

4.5.1. Causa raiz nº 7: Falha no funcionamento das bombas de incêndio elétricas

De acordo com a Filosofia de Segurança da Petrobras vigente à época do acidente, os cabos elétricos que alimentam serviços essenciais e de emergência instalados em áreas perigosas devem possuir encaminhamento por duas rotas distintas.

A definição deste encaminhamento deve considerar que, em um cenário de incêndio, o fogo não atinja simultaneamente as duas rotas. Como alternativa à utilização de rotas distintas, poderá ser utilizado cabo elétrico resistente a fogo. Porém, a investigação constatou que os cabos elétricos do barramento não possuíam encaminhamento por duas rotas distintas e também não eram resistentes a fogo.

Devido aos cabos não terem resistido ao incêndio, a falha do barramento elétrico resultou na falha do suprimento da demanda de energia para as bombas elétricas de combate a incêndio, além da falha no sistema de controle da plataforma, que foi refletido no monitoramento via supervisório.

Em janeiro de 2009, a classificadora elaborou a Base de Projeto com intuito de fornecer informações para elaboração e desenvolvimento do Projeto Básico referente à Modernização da Unidade de Produtos Químicos da Plataforma de Produção P-20. Neste memorial descritivo, a classificadora fez os seguintes requerimentos, conforme Figura 37:

▼ Resposta à Consulta

Prazo para definição :	05/11/2008
A obra/alteração traz impacto à classificação ?	<input checked="" type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não
Quais requisitos devem ser observados ?	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar a possibilidade de aumento da área classificada em função na nova área ocupada pelas bombas (DNV-OS-A101) - Equipamentos instalados em áreas classificadas devem ter grau de proteção EX e IP (DNV-OS-D201) - Parte elétrica (DNV-OS-D201) - O sistema fixo de combate à incêndio existente deverá ser revisto e ou modificado para contemplar as novas instalações (DNV-OS-D301) - O projeto de instalação deve atentar ao peso das bombas a serem instaladas. <p>A estrutura que irá suportar os novos equipamentos, deverá estar de acordo com as cargas dos mesmos;</p>
Quais documentos devem ser enviados para aprovação ?	<ul style="list-style-type: none"> - Memorial descritivo; - Desenho de arranjo geral e detalhes; - Fluxograma do sistema; - Plano de combate à incêndio, caso revisado; - Memória de cálculo da estrutura. <p>Após a conclusão da obra:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desenhos DAs Built; - Data book completo (incluindo relatório de ENDs). <p>Os seguintes documentos devem ser enviados somente para informação:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Datasheets dos equipamentos; - Certificados de IP e EX emitidos por órgão credenciado por autoridade brasileira competente.
Quais fases da obra/alteração demandarão acompanhamento da Classificadora ?	<ul style="list-style-type: none"> - Aprovação de planos; - Inspeção visual final à bordo.
Comentários Adicionais	<p>A DNV recomenda que a tubulação seja soldada e não contenha flanges, por se tratar de produtos químicos. Roberta Marques DNV - BT</p>

▼ Avaliação do Atendimento

Figura 37 – Requisições da DNV para o projeto

Ao ser questionada quanto ao atendimento das requisições do projeto, a Petrobras informou, por meio de Carta, que na data do incêndio não havia nenhuma etapa do projeto executada.

Tal fato contribuiu para a não adequação das bombas elétricas de incêndio ao cenário acidental levando à falha no suprimento de água para combater ao incêndio, o que configura um descumprimento do **Regulamento Técnico SGSO - Item 10.2.1**: “*O operador da Instalação deverá: Atender aos critérios de projeto e considerar as normas, os padrões da indústria e boas práticas de engenharia no planejamento do projeto, construção, instalação e desativação da instalação*”.

4.5.2. Causa raiz nº 8: Falha no funcionamento das bombas de incêndio a diesel

O Sistema Fixo de Combate a Incêndio da unidade é composto por 4 (quatro) bombas, entre outros equipamentos. Destas bombas, 2 (duas) são elétricas, com capacidades nominais de 350 m³/h cada e as outras 2 (duas) bombas a diesel possuem capacidade nominal de suprimento de água de 700 m³/h cada, conforme mostrado na Figura 38 abaixo.

Tabela 5-15- Características nominais das bombas de incêndio					
TAG da Bomba	Tipo	Elevação da linha de centro (mm)	Vazão Nominal [m³/h]	Head Nominal [m]	Informações adicionais das bombas (Ver nota 7)
B-542001A	Diesel	11500	723 (Ver nota 8)	113	 P-20 - Bombas de incêndio.xlsx
M- B-542001A		41500			
B-542001B	Diesel	11500	723 (Ver nota 8)	115	
M- B-542001B		41500			
B-542002A/B	Elétrica	11935	350	122	

Nota 7): Os dados referentes às curvas características das bombas de combate a incêndio para a elaboração da biblioteca do *Pipenet* foram fornecidos pela Petrobras.

Nota 8): Inclui 23 m³/h para arrefecimento do motor a diesel das bombas.

Figura 38 – Tabela 5-15 da Avaliação dos sistemas fixos de combate a incêndio

O estudo de avaliação dos sistemas fixos de combate a incêndio, realizado após o incidente, concluiu que o caso dimensionante da unidade se dá quando são abertas as ADVs 50201, 50301, 50303, 50401 e 50501, conjuntamente com a utilização de dois hidrantes. Este caso dimensionante requer a vazão de 968,64 m³/h, conforme extrato mostrado na Figura 39 a seguir:

ADV	Vazão Minima [m³/h]					
	Cenários					
	1	2	3	4	5	6
20201	29,13	-	-	-	-	-
31001	-	-	111,60	-	-	-
31401	-	184,23	-	-	-	-
50201	-	-	-	-	-	136,28
50301	-	-	-	-	-	213,08
50303	-	-	-	-	-	92,86
50401	-	-	-	-	-	147,02
50501	-	-	-	-	-	339,40
50601	-	-	-	28,54	-	-
51901	-	-	-	-	27,98	-
Subtotal	29,13	184,23	111,60	28,54	27,98	928,64
Vazão de 2 hidrantes	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Total	69,13	224,23	151,60	68,54	67,98	968,64

A Tabela 6-16 e a Tabela 6-17 apontam o cenário 6 como o sistema dimensionante de vazão.

Figura 39 – Tabela do estudo de avaliação do sistema fixo de combate a incêndio

Destaca-se que o Estudo de Propagação de Incêndio, realizado em outubro de 2012, não simulou ocorrências de incêndio iniciando na zona 502, sob a justificativa de não haver cenário com risco moderado e/ou não tolerável na APR, conforme destacado na Figura 40.

Tabela 4-17 - Percentual de casos simulados para cada ADV que ativam as demais ADVs.

Incêndio em poça com uma grande taxa de vazamento.					
Ativadas	ADV	ADV	ADV	ADV	ADV
Origem	50201	50301	50302	50401	50501
ADV 50201	Não há pto na APR que apresente cenário moderado e/ou não tolerável				
ADV 50301	100%	100%	100%	100%	100%
ADV 50501	-	75%	75%	100%	100%

Figura 40 – Tabela 4-17 do Estudo de Propagação de Incêndio

Conforme a APR, os cenários de incêndio em poça causados por liberação de produto químico na área de produtos químicos, localizada na Zona 502 possuem risco categorizado como moderado para a dimensão segurança, como mostrado no item 4.1.2. Este fato evidencia que a premissa adotada para justificar a exclusão da simulação de incêndios iniciados na Zona 502 não é válida.

Não foi possível determinar se ocorreu o acionamento automático das bombas a diesel e posterior parada das mesmas ou se elas não partiram automaticamente, sendo necessário o acionamento manual destas bombas.

Os dados advindos do supervisório não são conclusivos, uma vez que após a queda do barramento houve perda do sinal e os relatos dos entrevistados são conflitantes, pois há tanto relatos de que as duas bombas a diesel foram partidas em modo manual quanto relatos de que as bombas partiram em automático e em dado momento pararam de operar. Há ainda relatos de que somente uma das bombas a diesel parou de funcionar após a partida.

A Filosofia de Segurança preconiza que o desligamento de qualquer bomba de combate a incêndio deve ser feito somente por sobrevelocidade, curto-círcuito ou atuação local.

Outro fato é que a folha de dados de segurança referente à bomba de combate a incêndio a diesel prevê a inibição da partida desta em caso de incêndio confirmado na Zona 506. Esta ação não foi prevista na Matriz de Causa e Efeito da unidade. Fato é que, na melhor das hipóteses, em dado momento o sistema atuou com apenas uma das bombas a diesel.

Foi relatado pela equipe de bordo que todas as ADVs foram abertas durante o incêndio, logo no início do combate, resultando numa demanda de mais de 1200 m³/h de água para os sistemas fixos de combate a incêndio. Portanto, a demanda de água foi superior

a capacidade de suprimento do sistema operando somente com uma bomba a diesel. Tal fato corrobora os relatos dos entrevistados que afirmaram que em determinados momentos, durante a combate, houve intermitência no suprimento de água de combate ao incêndio. Cabe ressaltar que esse fato foi observado ao longo do combate, tendo decorrido um tempo considerável desde a abertura das ADVs, portanto pode ser descartada a hipótese de que a redução da disponibilidade de água nos hidrantes foi devido à abertura das ADVs.

A folha de dados da bomba a diesel (bomba que parou de funcionar), datada de 1991, prevê inibição da partida da bomba em caso de detecção de calor na Zona 506, conforme mostrado na Figura 41 e na Figura 42.

 PETROBRAS PETROLEO BRASILEIRO S.A.	FOLHA DE DADOS		FD-3010.20-15400-947-PPC-001
	UNIDADE: PLATAFORMA PETROBRAS XX	FOLHA 82 de 113	
FOLHAS DE DADOS DE SEGURANÇA - 1ª FASE			
I- ÁREA: BOMBA DE INCÊNDIO DIESEL - BOMBORDE LOCALIZAÇÃO: CONVÉS PRINCIPAL		ASSISTIDA: <input type="checkbox"/> SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO	ELEVAÇÃO: 41 000 ZONA: 506
2-EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS (E=PROTEGIDOS P/DILÚVIO): R-542001 A (E) R-542001A (E) V-B-542001A-A-A V-B-542001A-A-B TN-E8-542001C ER-543002 E TN-526 006 FB-543002 D PN-B-542001 A			
9- DETECÇÃO DE INCÊNDIO: CALOR: <input checked="" type="checkbox"/> PLUGUE FUSÍVEL <input type="checkbox"/> TERMOVELOCIMÉTRICO <input type="checkbox"/> TEMPERATURA FIXA (ELÉTRICO). <input type="checkbox"/> CHAMA <input type="checkbox"/> FUMAÇA <input checked="" type="checkbox"/> ALARME MANUAL			
10- COMBATE A INCÊNDIO: DILÚVIO: <input checked="" type="checkbox"/> SOBRE EQUIPAMENTOS <input type="checkbox"/> SOBRE CABOS/TUBOS. HIDRANTES: <input type="checkbox"/> INTERNO <input checked="" type="checkbox"/> EXTERNO. CANHÃO MONITOR: <input type="checkbox"/> FIXO <input type="checkbox"/> PORTÁTIL. ESPUMA PARA: <input type="checkbox"/> ESGLUCHO <input type="checkbox"/> CANHÕES HELIPONTO. L.S.E ESTOCADO EM: <input type="checkbox"/> TANQUE FIXO <input type="checkbox"/> BOMBONAS. INUNDAÇÃO COM CO ₂ : <input type="checkbox"/> AUTOMÁTICO <input type="checkbox"/> MANUAL. EXTINTOR PORTÁTIL: <input checked="" type="checkbox"/> CO ₂ <input checked="" type="checkbox"/> PÓ QUÍMICO <input type="checkbox"/> ÁGUA. EXTINTOR SOBRE-RODAS: <input type="checkbox"/> PÓ QUÍMICO. ARMÁRIO: <input type="checkbox"/> APOIO <input checked="" type="checkbox"/> COMBATE A INCÊNDIO <input type="checkbox"/> HELIPONTO.			
11- RECURSOS DE SALVAMENTO: <input type="checkbox"/> EQUIPAMENTO AUTÔNOMO DE RESPIRAÇÃO. <input checked="" type="checkbox"/> BOA SALVA-VIDAS <input checked="" type="checkbox"/> COLETE SALVA-VIDAS			
4- PROT. PASSIVA-ELEM. ESTRUTURAIS: <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO. 5- FONTES DE RISCO DE INCÊNDIO:			

Figura 41 – Folha de dados de segurança da zona 506

5-FONTES DE RISCO DE INCÊNDIO: CLASSE <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> B (ÓLEO, DIESEL) <input type="checkbox"/> C. FONTE DE IGNição: <input checked="" type="checkbox"/> ARCO <input type="checkbox"/> CHAMA <input type="checkbox"/> CALOR.		6-VENTILAÇÃO: <input checked="" type="checkbox"/> NATURAL <input type="checkbox"/> MECÂNICA <input type="checkbox"/> AR COM.																																																																																																										
		<input type="checkbox"/> INSUFLAMENTO <input type="checkbox"/> EXAUSTÃO.																																																																																																										
		PRESSURIZAÇÃO: <input type="checkbox"/> POS. <input type="checkbox"/> NEG. VALOR _____.																																																																																																										
		MÍNIMO DE TROCAS DE AR POR HORA: _____.																																																																																																										
7-CLASSIFICAÇÃO DE ÁREA: <input checked="" type="checkbox"/> NÃO CLASSIFICADA. <input type="checkbox"/> CLASSIFICADA - GRUPO _____, ZONA _____.		8-DETECÇÃO DE GÁS:																																																																																																										
<input type="checkbox"/> NA ÁREA <input type="checkbox"/> NO AR DE VENTILAÇÃO <input checked="" type="checkbox"/> NO AR DE COMBUSTÃO <input type="checkbox"/> NO AR DE COMPRESSÃO.		CAUSAS																																																																																																										
DETECTORES DE: <table border="1"> <tr> <td rowspan="2">INCENDIO</td> <td colspan="4">GÁS (%LEL)</td> </tr> <tr> <td>GÁS ELÉTRICO/ATR</td> <td>CHAMADA</td> <td>CALOR</td> <td>FUMO</td> </tr> <tr> <td>1 <input type="radio"/> 20/80</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2 <input type="radio"/> 60</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>1 <input type="radio"/> 20/60</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2 <input type="radio"/> 60</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> ATUAÇÃO DE ALARME MANUAL ACIONAMENTO MANUAL DE INUNDAÇÃO COM CO ₂ FALHA TOTAL NA VENTILAÇÃO FALHA NA PRESSURIZAÇÃO		INCENDIO	GÁS (%LEL)				GÁS ELÉTRICO/ATR	CHAMADA	CALOR	FUMO	1 <input type="radio"/> 20/80	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2 <input type="radio"/> 60	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 <input type="radio"/> 20/60	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2 <input type="radio"/> 60	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EFEITOS <table border="1"> <thead> <tr> <th>LOCAL - INUNDAÇÃO COM CO₂</th> <th>LOCAL - INCêNDIO (LÂMPADA EXTERNA)</th> <th>SALA CONTROLE CENTRAL</th> <th>ENERGÉTICA NA PLATAFORMA</th> <th>LOCAL - ESTROBOOSCÓPICA</th> <th>LIGA BOIA INCêNDIO</th> <th>DILÚVIO</th> <th>INUNDAÇÃO COM CO₂</th> <th>DESLAMA</th> <th>FECHA "DAMPERS"</th> <th>DESJAMA</th> <th>FECHA "DAMPERS"</th> <th>LIGA</th> <th>ES - NÍVEL 3P</th> <th>DESLAMA INCêNDIO</th> <th>NOTA: INCêNDIO NA P-2000A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>		LOCAL - INUNDAÇÃO COM CO ₂	LOCAL - INCêNDIO (LÂMPADA EXTERNA)	SALA CONTROLE CENTRAL	ENERGÉTICA NA PLATAFORMA	LOCAL - ESTROBOOSCÓPICA	LIGA BOIA INCêNDIO	DILÚVIO	INUNDAÇÃO COM CO ₂	DESLAMA	FECHA "DAMPERS"	DESJAMA	FECHA "DAMPERS"	LIGA	ES - NÍVEL 3P	DESLAMA INCêNDIO	NOTA: INCêNDIO NA P-2000A	<input type="checkbox"/>																																																															
INCENDIO	GÁS (%LEL)																																																																																																											
	GÁS ELÉTRICO/ATR	CHAMADA	CALOR	FUMO																																																																																																								
1 <input type="radio"/> 20/80	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																									
2 <input type="radio"/> 60	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																									
1 <input type="radio"/> 20/60	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																									
2 <input type="radio"/> 60	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																									
LOCAL - INUNDAÇÃO COM CO ₂	LOCAL - INCêNDIO (LÂMPADA EXTERNA)	SALA CONTROLE CENTRAL	ENERGÉTICA NA PLATAFORMA	LOCAL - ESTROBOOSCÓPICA	LIGA BOIA INCêNDIO	DILÚVIO	INUNDAÇÃO COM CO ₂	DESLAMA	FECHA "DAMPERS"	DESJAMA	FECHA "DAMPERS"	LIGA	ES - NÍVEL 3P	DESLAMA INCêNDIO	NOTA: INCêNDIO NA P-2000A																																																																																													
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																													
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																													
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																													
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																													
NOTAS: 1 - Detecção no moinho diesel da P-54200A e em P-54200Z.																																																																																																												

Figura 42 – Folha de dados de segurança da zona 506

A falha no funcionamento das bombas de incêndio diesel contribuiu para a redução da disponibilidade de água durante o combate ao incêndio, não permitindo a mitigação adequada das consequências do acidente. Não foi possível determinar as causas da falha nas bombas a diesel de combate a incêndio e, tampouco, consta tal análise no relatório investigação do realizado pelo operador da concessão. Dessa maneira, não foram determinadas ações preventivas de forma a evitar a recorrência deste desvio. Fato é que o operador da instalação não garantiu a disponibilidade de importante recurso de resposta a emergência.

Tal fato contraria o item **14.4 do Regulamento Técnico do SGSO**: “*O operador da instalação será responsável por identificar todos os recursos de resposta, incluindo os sistemas e equipamentos de emergência, bem como as empresas contratadas prestadoras de serviços de apoio na resposta a emergência, certificando-se de sua adequação e disponibilidade*”.

5. Avaliação das Medidas Mitigadoras

Nos itens a seguir, é apresentada análise da disponibilidade, atuação e efetividade das medidas mitigadoras adotadas pelo operador da instalação relativas ao acidente em tela.

5.1. Alarme de emergência

Assim que o incêndio foi detectado nas Zonas 502 e 503 pelos plugues fusíveis, foi emitido um sinal de alarme de fogo para o supervisório. A confirmação de fogo na Zona 503 acionou automaticamente a abertura da ADV 50301 e o sistema de intertravamento da unidade, resultando em uma parada de emergência do tipo ESD3 (parada geral da planta de processo, com fechamento dos poços).

O alarme de emergência da unidade foi acionado manualmente, pois a Matriz de Causa e Efeito (Figura 43) não prevê o acionamento automático do alarme de emergência da unidade em caso de incêndio confirmado, apenas alarme visual e sonoro na ECOS, fato que foi refletido no Controlador Lógico Programável (PLC) correspondente.

CAUSA						EFEITO														
V	P&ID	EQUIP/SERVIÇO/ZONA	SP	VOTAÇÃO	TAG NUMBER	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
	DE-3010.20-5420-944-TCT-006	FOGO Z-202			PSL-20205	01	X	A1		A1		A1		A1						
	DE-3010.20-5420-944-TCT-006	FOGO Z-310			PSL-31005	02	X	A2		A2		A2		A2						
	DE-3010.20-5420-944-TCT-006	FOGO Z-314			PSL-31405	03	X	A3		A3		A3		A3						
	DE-3010.20-5420-944-TCT-006	FOGO Z-502			PSL-50205	04	X	A4		A4		A4		A4						
	DE-3010.20-5420-944-TCT-006	FOGO Z-503			PSL-50305	05	X	A5		A5		A5		A5						
	DE-3010.20-5420-944-TCT-006	FOGO Z-504			PSL-50405	06	X	A6		A6		A6		A6						
	DE-3010.20-5420-944-TCT-006	FOGO Z-505			PSL-50505	07	X	A7		A7		A7		A7						
	DE-3010.20-5420-944-TCT-006	FOGO Z-506			PSL-50605	08	X	A8/ A15-B		A8/ A15-B		A8/ A15-B		A8/ A15-B						
	DE-3010.20-5420-944-TCT-006	FOGO Z-519			PSL-51905	09	X	A9/ A16-B		A9/ A16-B		A9/ A16-B		A9/ A16-B						
															10					

Figura 43 – Matriz de Causa e Efeito

A norma API 14G recomenda que o sinal de alarme de fogo ative o alarme geral da plataforma:

“4.4 ALARM SYSTEMS

...

- b. Provisões de Alarme. Os sistemas de segurança da plataforma, em plataformas habitadas, devem incluir alarmes sonoros e visuais (para áreas ruidosas) de alarme de incêndio. Os sinais de alarme de incêndio devem ser ativados por sensores que detectem a presença de calor, chama, ou fumaça. O sinal do alarme de incêndio deve ativar o alarme geral da plataforma.”

Esta norma não estava implementada na P-20 durante a emergência, tendo como consequência o aumento do tempo de ação por parte da brigada, que tomou conhecimento da existência de uma emergência através de relatos de outros tripulantes.

5.2. Combate ao incêndio pela brigada

A brigada de emergência tem como atribuição dar combate a incêndios atuando na linha de frente da resposta à emergência. Esta equipe deve estar treinada para atuar prontamente em um eventual acidente, de forma que cada membro da equipe possua o pleno conhecimento do seu papel na estrutura, entendendo de forma clara como deverá proceder no momento da emergência.

Embora o combate ao incêndio tenha tido o apoio das embarcações *fire fighting*, algumas circunstâncias relacionadas com o plano de resposta à emergência foram observadas durante a investigação da ANP.

Conforme a revisão do Plano de Resposta a Emergência (PRE) que estava vigente à época do acidente, a Brigada de Incêndio era composta pelo Coordenador da Brigada (Técnico de segurança), o Líder da Brigada (Operador de manutenção ou produção) e os demais membros da equipe.

Compete ao Coordenador da brigada coordenar as ações que serão realizadas. Compete ao Líder da brigada instruir os demais membros sobre tais ações que serão realizadas, conforme as orientações do Coordenador.

As informações referentes à atuação da brigada de incêndio relatadas a seguir foram extraídas das entrevistas realizadas com os membros da brigada que atuaram no combate ao incêndio.

No momento do acidente, alguns membros não se direcionaram para o ponto de encontro da Brigada de Incêndio, impossibilitando que a liderança orientasse os membros da equipe sobre as ações que deveriam ser tomadas para dar combate ao incêndio. Isto fez com que a brigada agisse de forma descoordenada.

A estrutura da brigada da P-20 não era bem definida, portanto, não estavam claros os papéis e as atribuições de cada membro, tampouco foi definido quem estava efetivamente na liderança.

A equipe era composta por 4 (quatro) técnicos de segurança, que atuavam como Coordenadores, entretanto não havia a designação para que um destes ocupasse especificamente a função de Coordenador. Porém, era do entendimento desses técnicos que todos estariam aptos para coordenar a Brigada de Incêndio, sendo que, no momento de uma emergência, tomaria a frente o técnico com mais tempo de experiência.

Esta falta de organização na estrutura da brigada fez com que os membros atuassem no combate ao incêndio de forma descentralizada. Cada membro agiu de acordo com o que julgava ser adequado sem que tenham havido uma orientação prévia do Coordenador para o cumprimento do Plano de Resposta à Emergência da unidade.

Houve ainda a atuação de pessoas que não faziam parte da brigada no combate ao incêndio, supervisionados por um dos técnicos de segurança.

A Figura 44 mostra o Organograma da Estrutura Organizacional de Resposta (EOR) segundo padrão do operador da instalação.

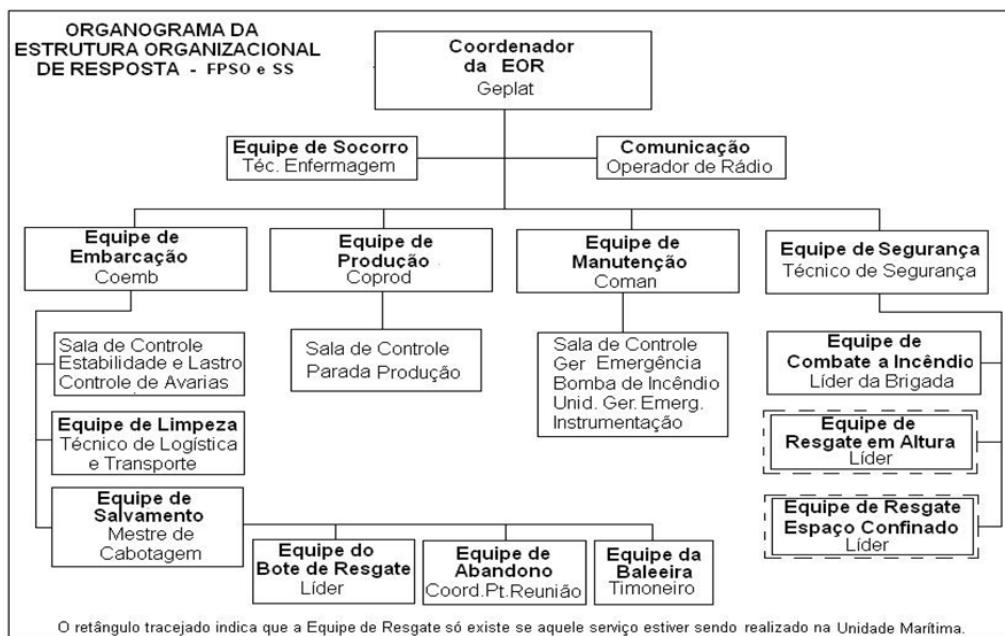


Figura 44 – Organograma da Estrutura Organizacional de Resposta (EOR) segundo padrão do operador da instalação

O organograma da EOR que atuou no dia do acidente, conforme registrado pela própria equipe que deu combate ao incêndio, é apresentado na Figura 45. Verificam-se significativas diferenças entre as estruturas prevista no Plano e a que efetivamente atuou durante o incidente. Como pode ser observado, não se visualiza a equipe de segurança e a liderança da cada brigada de incêndio.

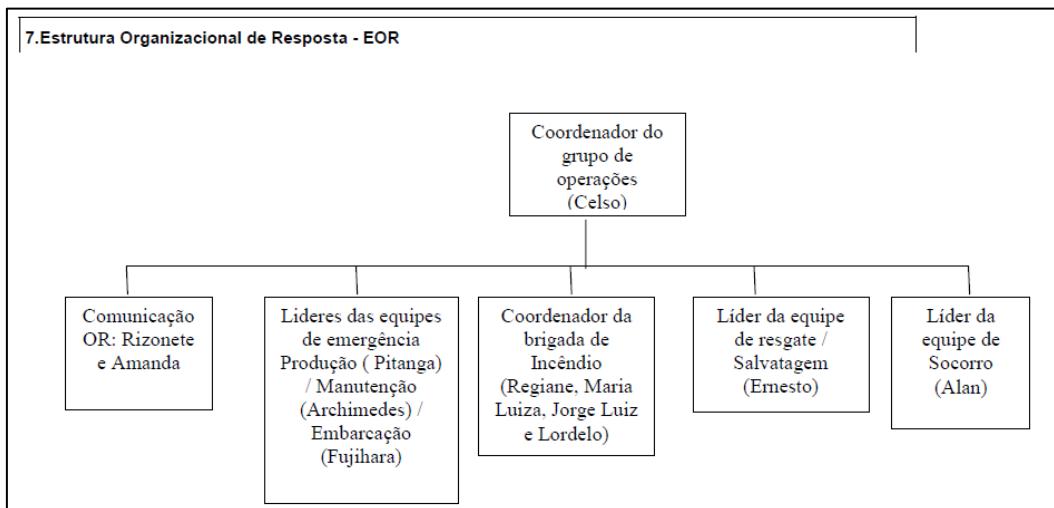


Figura 45 – Organograma da Estrutura Organizacional de Resposta (EOR) do acidente

Conforme o Plano de Resposta à Emergência, os membros da equipe da brigada deveriam apresentar-se imediatamente no ponto de reunião assim que soasse o alarme de emergência para receber as solicitações/instruções do Líder da brigada e aguardar as orientações do Coordenador da EOR (Geplat), como mostra a Figura 46.

No momento do incidente, alguns membros da brigada iniciaram o combate ao incêndio imediatamente após serem alertados sobre o ocorrido. Estes membros não se dirigiram ao ponto de encontro, conforme preconiza o Plano de Resposta à Emergência da unidade.

Somente após serem devidamente instruídos pelo Líder da Brigada, seguindo as orientações dadas pelo Coordenador da EOR, estes membros estariam efetivamente aptos a dar combate ao incêndio, pois teriam as informações e orientações necessárias para iniciar o combate.

BR PETROBRAS		PRE - PE-5E7-00751 P-20 - Plano de Resposta a Emergência Anexo 11.4-1 Procedimentos operacionais de resposta			NP-1
PROCEDIMENTO 01A - PROCEDIMENTO EM CASO DE INCÊNDIO					
O QUE	QUEM	COMO	POR QUE	QUANDO	ONDE
Apresentar-se imediatamente nos pontos de reunião das brigadas.	Equipe da Brigada de Incêndio	Dirigindo-se para o ponto de reunião	Para colocar roupa de combate a incêndio e equipar-se com conjunto autônomo, se necessário e receber as solicitações/instruções do Líder da Brigada de Incêndio e aguardar orientação do Coordenador Local (Geplat).	Sempre que for soado o alarme de emergência	Nos pontos de reunião da Brigada de Incêndio.

Figura 46 – Anexo 11.4-1 do PRE - Procedimentos operacionais de resposta

5.3. Falha nos rádios de comunicação

A comunicação em uma resposta a emergência é realizada por meio de rádios transmissores, que possibilitam a troca de informações entre os membros da EOR.

A água oriunda do sistema combate a incêndio, do sistema de dilúvio e das embarcações, ao entrar em contato com os rádios transmissores, inutilizou estes equipamentos de comunicação.

Um dos técnicos de segurança que atuava na brigada chegou a utilizar cinco rádios transmissores diferentes. Após ter queimado o quinto rádio, a comunicação se deu através de um intermediário, outro técnico de segurança, que passou a ter a função de levar e trazer as informações, fazendo o intermédio entre a sala de controle e a coordenação da brigada.

Este fato impossibilitou a comunicação em tempo real entre os membros da EOR, dificultando a disponibilização de informações e orientações para todos os membros da equipe de resposta.

5.4. Adernamento da unidade

Segundo entrevistas realizadas com a tripulação da P-20, por questões de equilíbrio de carga, a plataforma apresentava uma inclinação de 4° na proa, ou seja, na direção do casario. Com o espalhamento da poça de incêndio, a tendência do líquido era avançar para a parte habitada da unidade, então o técnico de lastro, com anuência do gerente da plataforma procedeu o adernamento da plataforma. Esta operação foi realizada após verificação de que o operador do guindaste havia conseguido se afastar do seu posto de trabalho, estando em posição segura. Por esse motivo, o adernamento da unidade foi analisado como uma das medidas mitigadoras.

Em auditoria interna realizada pelo operador em novembro de 2013 foi constatado que parte da proteção passiva do casario estava degradada e havia um requisito da classificadora exigindo a recomposição dessa proteção.

Após o acidente o operador da instalação solicitou a postergação de prazo para recuperação dessa proteção para antes de o turbo compressor C (TCC) entrar em operação, solicitação essa que foi aceita pela classificadora.

A condição de degradação da proteção passiva era conhecida pelo pessoal de bordo e influenciou nas ações tomadas durante a resposta à emergência.

Embora o adernamento, feito com objetivo de direcionar o inventário de líquido para uma determinada área da plataforma, tenha sido uma ação com riscos, esta foi tomada por pessoas com conhecimento e atribuição para tal, com anuência do responsável pela emergência (GEPLAT).

5.5. Combate ao incêndio com embarcações *fire fighting*

Em função da dimensão do incêndio, foi necessário o acionamento de três embarcações *fire fighting*, sendo que duas delas atuaram no combate, estas são embarcações com dupla função, tanto para contenção de óleo descarregado no mar quanto para combate ao fogo.

Segundo relatado em entrevistas, a chegada das embarcações para apoio ao combate ao incêndio se deu em 15 minutos, prazo considerado satisfatório para o evento em questão. O plano de resposta à emergência da Bacia de Campos não define o tempo máximo para chegada dessas embarcações em caso de incêndio, embora haja essa definição para o caso de descarga de óleo (a partir de duas horas), em função da legislação ambiental.

6. Avaliação das Ações Corretivas

O grupo de trabalho formado pelo operador da instalação para investigação do acidente elaborou um grupo de recomendações relacionadas às causas básicas, de caráter obrigatório. A Tabela 7 mostra a quantidade de recomendações, classificadas por tema.

Tabela 7 – Recomendações obrigatórias do GT Petrobras

Recomendações associadas às causas básicas	
Vazamento nos <i>skids</i>	3
Fonte de ignição	2
Isolamento do tanque de álcool	4

Foram feitas também recomendações adicionais sobre temas que não foram relacionados diretamente com as causas do incêndio. A quantidade dessas recomendações é mostrada na Tabela 8.

Tabela 8 – Recomendações adicionais do GT Petrobras

Recomendações adicionais	
Emergência e combate ao incêndio	9
Monitoramento	5
Gestão de mudança e projeto	10
<i>Housekeeping</i>	1

Observa-se que as causas básicas apontadas pela equipe de investigação do acidente constituída pelo operador da instalação se limitam a eventuais falhas nos equipamentos, não buscando as deficiências no sistema de gestão de segurança operacional que permitiram a ocorrência destes problemas. A investigação não correlaciona fragilidades nas

práticas de gestão com as consequências em termos de desvios operacionais. Além disso, o Relatório Detalhado de Incidente (RDI) encaminhado para a ANP não explicita de forma adequada os fatores causais e causas raiz encontrados pela investigação da empresa, impossibilitando as análises cabíveis por parte da ANP.

A equipe de bordo informou em entrevistas que após o incêndio foram realizadas reuniões extraordinárias da CIPA (comissão interna de prevenção de acidentes) que definiram a necessidade de criação de um grupo de trabalho para aprimorar os procedimentos de atuação da brigada. Não foi realizada a análise crítica da resposta à emergência que inclui a atuação da brigada, apesar de esta análise ser prevista no padrão Petrobras.

7. Avaliação das Ações Preventivas

Em auditoria para investigação do acidente realizada em fevereiro de 2015, a ANP constatou que, apesar de ter sido notificada em abril de 2014 a adequar, no prazo de 30 (trinta) dias, o roteamento de cabos de forma apropriadamente suportada, a P-20 permanecia com diversos cabos sem o devido suporte, como pode ser observado na Figura 47 a Figura 50.



Figura 47 – Cabeamento elétrico da P-20



Figura 48 – Cabeamento elétrico da P-20

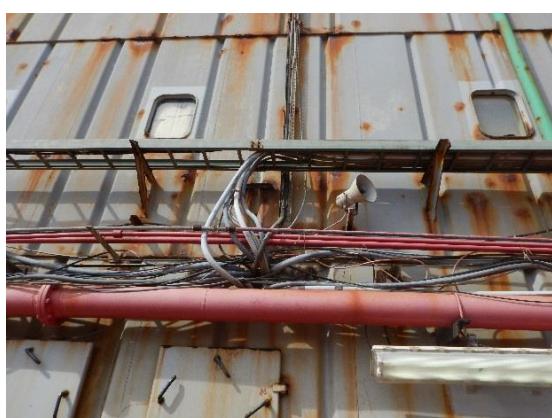


Figura 49 – Cabeamento elétrico da P-20

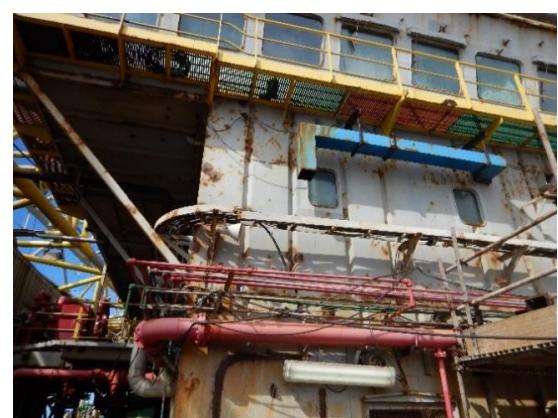


Figura 50 – Cabeamento elétrico da P-20

Tal condição não garante o funcionamento especificado dos cabos e sua integridade em condições críticas, ou seja, em caso de um incêndio de grandes proporções. O operador da instalação informou que restringiu a recomposição dos cabos à área atingida pelo incêndio, o que denota que não foi dado tratamento abrangente à ação preventiva.

8. Recomendações para a indústria

Como resultado das causas identificadas na investigação deste acidente e, ainda que seja conhecida a obrigação do cumprimento a requisitos legais e regulamentos de segurança operacional por empresa operando no país, foram elaboradas as seguintes recomendações, de implementação mandatória para todos os concessionários, para evitar a ocorrência de incidentes semelhantes.

Tabela 9 – Recomendações para a indústria

Causa Raiz	Recomendação	Prazo ⁶
CR 1: Acúmulo de material combustível na base do skid	R1: Elaborar, documentar e controlar procedimento de inspeção e limpeza dos drenos abertos, incluindo a realização de testes de efetividade.	6 meses
CR 4: Falta de plugues fusíveis e bicos aspersores	R2: Garantir que o sistema de gestão de mudanças inclua a avaliação dos sistemas de segurança afetados pela mudança e as ações necessárias para adequação destes sistemas. O operador deve garantir que o processo de gestão de mudança só seja considerado concluído após a implementação das ações necessárias.	12 meses
CR 5: Falha no dimensionamento dos vents dos tanques	R3: O operador deve verificar o projeto dos dispositivos de alívio dos tanques que contenham produtos químicos inflamáveis, tomando as providências necessárias de acordo com as normas e boas práticas, caso sejam identificadas não conformidades. O resultado dessa verificação deve ser registrado em relatório.	6 meses

⁶ O prazo para implementação das recomendações terá início a partir do envio (em março de 2018) de Ofício Circular notificando os Operadores a implementá-las.

Causa Raiz	Recomendação	Prazo⁶
CR 6: Cálculo do sistema de drenagem inadequado	R4: O operador deve verificar o projeto da drenagem aberta dos <i>skids</i> de produtos químicos inflamáveis, tomando as providencias necessárias de acordo com as normas e boas práticas, caso sejam identificadas não conformidades. O resultado dessa verificação deve ser registrado em relatório.	6 meses
CR 7: Falha no funcionamento das bombas de incêndio elétricas	R5: O operador deve verificar o projeto do cabeamento das bombas de incêndio elétricas em relação a resistência a fogo, tomando as providencias necessárias de acordo com as normas e boas práticas, caso sejam identificadas não conformidades. O resultado dessa verificação deve ser registrado em relatório.	6 meses
CR 8: Falha no funcionamento das bombas de incêndio a diesel	R6: Revisar a lógica de acionamento das bombas de incêndio com relação à matriz de causa e efeito, e verificar o funcionamento desses equipamentos na condição especificada.	6 meses
-	R7: Garantir a obrigatoriedade de realizar análise crítica da resposta após o acionamento da EOR, por incidente ou exercício simulado. Nesta análise deve constar o registro das pessoas que participaram da emergência e as funções exercidas.	6 meses

9. Conclusões

O incêndio ocorrido na plataforma P-20, apesar de não ter causado fatalidades ou dano irreversível à unidade, mostrou-se um evento de potencial para tal. Caso alguns fatores tivessem sido ligeiramente diferentes, o acidente poderia ter tido consequências mais severas. A existência de embarcações *fire fighting* próximas ao local da instalação e o sucesso da manobra de adernamento da unidade, são exemplos de eventos fortuitos que contribuíram para minorar as consequências do acidente.

O incêndio analisado neste relatório configurou-se um acidente de segurança de processo típico, uma vez que contribuíram para o seu acontecimento fatores diversos, que remontam desde o projeto da unidade, passando por problemas relacionados a gestão de mudanças, manutenção da integridade e falhas em permissão de trabalho. As práticas de gestão relacionadas a estes fatores coincidem com as práticas de gestão do SGSO para os quais são observadas as maiores quantidades de desvios em atividades de fiscalização da SSM, reforçando a importância da presença contínua da ANP nas instalações reguladas.

Questão importante suscitada por essa investigação é a disparidade entre a filosofia de segurança da época de projeto e revisões mais atuais desse documento. A filosofia de segurança antiga se mostra muito mais como um descritivo dos sistemas de segurança da unidade do que um conjunto de requisitos que governam o projeto destes sistemas. Dessa maneira, unidade mais antigas, que já se encontram ao fim de seu ciclo de vida, não se encontram alinhadas aos requisitos atualmente aplicáveis aos sistemas de segurança. Considerando que uma quantidade significativa de unidades em operação no Brasil, atuando principalmente na Bacia de Campos, encontra-se nessa situação, esta é uma questão que deve motivar estudos e ações por parte do Órgão Regulador.

Como resultado desta investigação, foram elaboradas sete recomendações para a indústria, de implementação mandatória, que têm por objetivo evitar a ocorrência deste tipo de acidente em outras plataformas de produção operando no Brasil.

Alguns dos aprendizados propiciados por esta investigação já estão sendo colocados em prática pelas equipes de fiscalização da ANP. Como exemplo pode-se citar a contribuição de falhas relacionadas ao projeto e manutenção do sistema de drenagem aberta da unidade para as circunstâncias do acidente. Tal sistema é objeto de projeto específico realizado por equipe da ANP, que visa realizar um diagnóstico da situação dos sistemas de drenagem em plataforma de produção.

De maneira análoga, espera-se que as operadoras ajam de forma a aplicar os conhecimentos decorrentes da leitura deste relatório, buscando a melhoria contínua de seus sistemas de gestão de segurança operacional.

Anexo - Árvore de falhas

