

## **METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE ACIDENTES POR MEIO DA ASSOCIAÇÃO DA TÉCNICA CAST COM A TÉCNICA TRACER – ESTUDO DE CASO**

José Moisés Fagundes

Superintendência de Pessoal da Aviação Civil – Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC)

Marco Antônio Gaya de Figueiredo

Departamento de Operações e Projetos Industriais - Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

André Luis Alberton

Departamento de Operações e Projetos Industriais - Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

Isaac José Antonio Luquetti dos Santos

Instituto de Energia Nuclear – Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN)

### **RESUMO**

O trabalho a ser apresentado refere-se à proposição de metodologia desenvolvida para a análise de acidentes por meio da aplicação da técnica CAST (*Causal Analysis based on System Theory*), derivada do modelo causal STAMP (*System Theoretic Accident Model and Process*), associada à ferramenta de identificação de erro humano TRACER (*Technique for the Retrospective and Predictive Analysis of Cognitive Errors*). Tendo em vista a coesão conceitual, e a mútua complementaridade das citadas técnicas para a compreensão de falhas humanas ocorridas no desenrolar de uma dinâmica acidental, a metodologia proposta buscou uma melhor estruturação da análise. A aplicação da associação proposta ao acidente ocorrido no FPSO Cidade de São Mateus, em 11/02/2015, propiciou a elaboração de recomendações diretamente relacionadas aos Fatores Modeladores de Desempenho (*Performance Shaping Factors*) relacionados às falhas no processo cognitivo que deram origem a um dos erros (ou Ações de Controle Inseguras) identificados, e adequadamente endereçadas aos responsáveis por sua eliminação.

### **1. INTRODUÇÃO**

Hollnagel e Speziali, (2008), citando Perrow (1984), adotam a tese desenvolvida por este, de que as sociedades industrializadas, e os ambientes tecnológicos que lhes forneceram as bases de desenvolvimento, se tornaram tão complexos que os acidentes são inevitáveis. Perrow (1984), por meio de um conjunto massivo de evidências de vários tipos de acidentes e desastres, concluiu que os acidentes seriam parte inevitável do uso e do trabalho com sistemas complexos, os quais seriam intrinsecamente instáveis, ou seja, seus limites de operação segura são bastante estreitos.

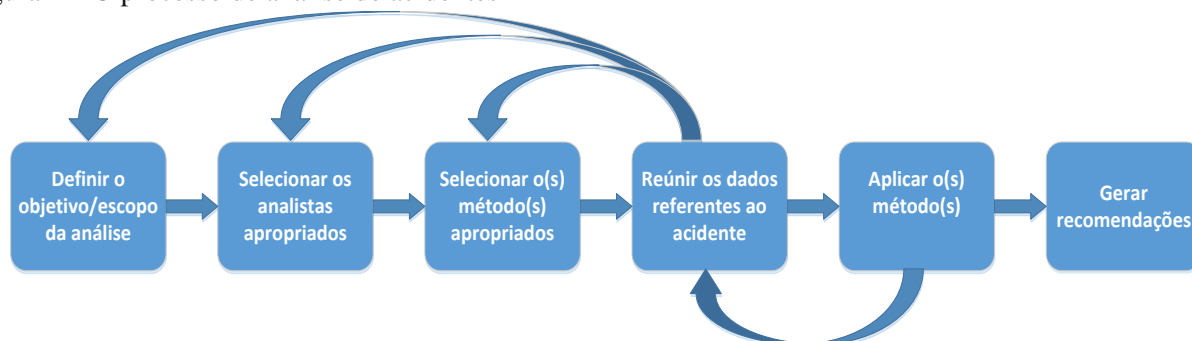
Dekker (2014b), citando Lanir (1986) e Turner (1978), entende que acidentes são, fundamentalmente, eventos disruptivos que colocam em questão a validade das crenças, visões de mundo e presunções sobre a natureza, a alocação e a distribuições de risco existentes. Sugere, também, que a investigação de acidentes é um exercício psicológico de criação de significados epistemológico (estabelecer o que aconteceu), preventivo (identificação de caminhos para a prevenção de novos eventos), moral (rastrear as transgressões cometidas e reforçar os limites morais e regulatórios), e existencial (encontrar uma explicação para o sofrimento que ocorreu).

Edmonds et al. (2016), por sua vez, aponta as razões pelas quais investigações são levadas adiante no âmbito corporativo após a ocorrência de incidentes: para evitar sua recorrência e entender seus fatores causais; para atendimento a requisitos regulatórios, securitários e organizacionais; em cumprimento das diretrizes do Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional (SGSO) referentes à identificação de falhas no gerenciamento de riscos; para detectar onde os padrões operacionais estão se afastando do que está especificados no SGSO; para demonstração de compromisso com uma cultura de segurança e com a melhoria contínua; para entender como o trabalho está sendo realizado (trabalho real) e relaciona-los aos requisitos dos

procedimentos e arranjos formais do SGSO (trabalho prescrito); e, por fim, para proporcionar uma ampliação da aprendizagem organizacional, de forma a disseminar as lições aprendidas para outros departamentos e plantas da empresa, e para compartilhar com outras organizações.

Salmon et al. (2011) apresentam um procedimento genérico para análise de acidentes, a qual é reproduzida na Figura 1, com adaptações, a seguir:

Figura 1 – O processo de análise de acidentes



Fonte: Adaptado de Salmon et al. (2011)

A escolha dos métodos de investigação, de acordo com Salmon et al. (2011), deve ser balizada pelos objetivos e escopo da análise. Exemplificam, afirmando que se em um determinado evento as falhas são observadas por todo o sistema sociotécnico, um método de base sistêmica deve ser escolhido. Por outro lado, se o objetivo é avaliar o processo de tomada de decisão dos operadores humanos envolvidos no evento, uma abordagem de análise de tarefa cognitiva deve ser escolhida.

## 2. DESCRIÇÃO

### 2.1 O modelo causal STAMP e a técnica CAST

O modelo causal STAMP foi desenvolvida pela pesquisadora Nancy Leveson, e seus fundamentos foram inicialmente expostos no artigo denominado “*A New Accident Model for Engineering Safer Systems*” (LEVESON, 2004). Este modelo utiliza o modelo hierárquico do sistema sociotécnico de Rasmussen (1997), e se baseia na imposição de processos de controle que operem nas interfaces dos níveis verticalmente adjacentes na estrutura. Então, cada nível na hierarquia pode ser entendido com impondo restrições nas atividades dos níveis abaixo. Ou seja, as restrições do nível superior controlam comportamento do nível inferior, os quais, por sua vez, produzem um fluxo ascendente de retroalimentação (*feedback*), o que proporciona o controle adaptativo para o sistema complexo (QURESHI, 2008).

No modelo causal STAMP, os acidentes resultam de processos complexos que levam à violação, pelo comportamento do sistema, das restrições de segurança. Estas restrições de segurança devem ser impostas pelos loops de controle que existem entre os vários níveis da estrutura de controle hierárquico, que estão inseridos durante o projeto, desenvolvimento, produção e operação dos sistemas (LEVESON, 2011).

Ao contrário de outros modelos, o STAMP utiliza uma definição mais ampla do que seria um acidente, de forma que seja possível a aplicação de técnicas de engenharia de segurança a uma maior variedade de problemas (LEVESON; THOMAS, 2013): “um evento indesejado e não planejado que resulta em uma perda, incluindo perda de vidas ou lesões em seres humanos, danos a propriedades, poluição ambiental, perda de missão, perdas financeiras, etc.”.

Como nos métodos de análise de riscos tradicionais, inicialmente se faz a identificação dos perigos presentes em um sistema. O STAMP entende os perigos como condições ou estados que ninguém nunca quer que ocorram e, uma vez que tais condições sejam identificadas, podem ser eliminadas, ou controladas, no projeto e nas operações do sistema (LEVESON; THOMAS, 2013), e sua definição é a seguinte “um estado do sistema ou conjunto de condições, que juntamente com um conjunto de piores condições ambientais, levará a um acidente (perda).” Leveson e Thomas (2013) apontam dois aspectos importante na definição acima: (1) um perigo deve estar dentro dos limites do sistema sobre os quais o analista tem controle - no espaço de projeto

daqueles que estão definindo o sistema, ou no espaço operacional daqueles que o estão operando; e (2) deve haver algum conjunto de piores condições no ambiente - dentro ou fora dos limites do sistema - que levará a uma perda. Se tal conjunto de piores condições, que se combinarão com um perigo específico para levar a uma perda, não existir, então não há necessidade de considerá-lo na análise.

Uma vez que os perigos são identificados a nível de sistema, eles podem ser traduzidos em requisitos de segurança ou restrições. É um processo muito simples, mas importante, porque traduz os perigos em requisitos e restrições que os engenheiros e os projetistas do sistema utilizarão em seu desenvolvimento (LEVESON; THOMAS, 2013).

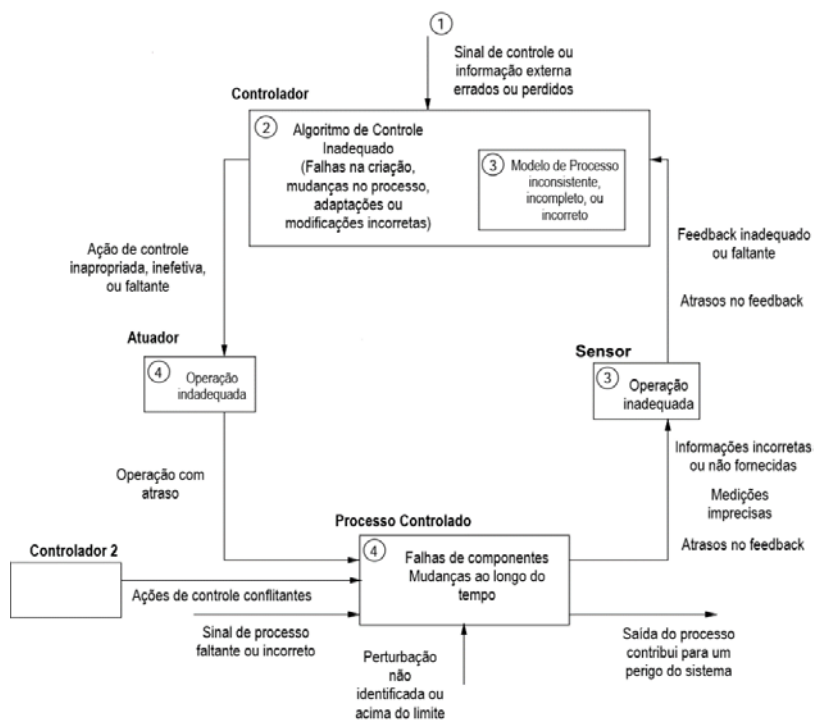
Assim, para que acidente ocorra, um ou mais dos eventos abaixo precisam ocorrer (LEVESON, 2011):

1. *As restrições de segurança não foram impostas pelo controlador*, porque: (a) as ações de controle necessárias para impor as restrições de segurança associadas em cada nível da estrutura de controle do sistema sociotécnico não foram providas; ou (b) as ações necessárias foram providas, mas no momento errado (muito cedo ou muito tarde) ou foram interrompidas muito cedo; ou (c) **ações de controle inseguras (ACIs)** foram providas, o que causou uma violação de restrições de segurança.
2. *Ações de controle apropriadas foram providas, mas não cumpridas.*

Controles, nestes casos, são mecanismos para controlar o comportamento dos sistemas, pois estes devem ser estabelecidos para aplicação das restrições de segurança em seus projeto e operação. O comportamento dos componentes dos sistemas, incluindo suas falhas e interações inseguras, podem ser controladas através do projeto físico, por meio de controles de processo de produção (processos e procedimentos de fabricação, processos de manutenção, e operações), ou controles sociais, que podem incluir a organização, governos e estruturas reguladoras, mas também podem ser culturais, políticas ou individuais, como o interesse próprio (LEVESON, 2011).

A identificação dos fatores causais de acidentes começa pelo exame de cada um dos componentes básicos de um loop de controle, conforme exibido na Figura 2, e pela determinação de como sua operação incorreta pode contribuir para os tipos gerais de controle inadequado. São propostas três categorias gerais: (a) a operação do controlador, (b) o comportamento de atuadores e processos controlados, e (c) comunicação e coordenação entre controladores e tomadores de decisão e, *nos casos em seres humanos estão envolvidos na estrutura de controle, o contexto e os mecanismos de modelagem do comportamento também desempenham um papel importante na causalidade e, por isto devem ser estudados* (LEVESON; THOMAS, 2013).

Figura 2 – O loop de controle entre dois níveis da estrutura sociotécnica de controle hierárquico de segurança



Fonte: Adaptado de Leveson (2013)

## 2.2 A técnica TRACER - Technique for Retrospective and Predictive Analysis of Cognitive Error

Tendo em vista a necessidade, ao longo da aplicação da técnica CAST, de compreensão de aspectos intrinsecamente relacionados ao comportamento humano e o contexto que o influenciam, se faz como válida e necessária a associação do modelo causal STAMP, por meio da técnica derivada CAST, com métodos de análise de fatores humanos, duas questões precisaram ser equacionadas, de modo a viabilizar a associação proposta.

A *primeira* questão se refere à forma como o modelo e a ferramenta serão associados. A *segunda* questão se refere às ferramentas específicas a serem associadas.

No que tange à *primeira* questão, sobre como associar a técnica e os métodos de fatores humanos, Edmonds et al. (2016, p. 136) prescreve que, para incorporação da análise de falhas humanas à investigação ou análise de acidentes, após as etapas de (1) coleta de evidências; (2) desenvolvimento de uma linha do tempo dos eventos para reconstruir o que aconteceu; (3) a condução de uma análise exaustiva dos eventos, de uma forma sistemática, para entender por que eles aconteceram; e (4) identificação de fatores e causas críticos.

Caso os tais fatores identificados envolvam algum tipo de comportamento humano falho, e haja informações suficientes para especificá-lo adequadamente, este comportamento pode e deve ser analisado com uma ferramenta validada. Estes autores acrescentam que para o tratamento das questões relacionadas a fatores humanos, no âmbito de uma investigação de eventos de segurança, são necessários: (1) uma taxonomia, ou seja, uma forma estruturada de fracionar e classificar falhas humanas; e (2) a utilização de métodos para a subsequente análise das falhas humanas identificadas, de forma que as razões para os comportamentos observados possam ser entendidas, assim como as soluções adequadas sejam identificadas.

Para resposta à *segunda* questão - quanto aos métodos de fatores humanos a serem utilizados no presente estudo - levou-se em conta que, visto que a pesquisa em desenvolvimento se dará na forma de estudo de caso, haveria a necessidade de que o método adotado tivesse aplicação retrospectiva e, dentre as opções disponíveis, escolheu-se a ferramenta TRACER e sua adaptação para a indústria de óleo de gás TRACER-OGI, desenvolvida por Theophilus et al. (2017).

A TRACER é uma técnica de identificação de erro humano (HEI) concebida para ser usada de forma preditiva e retrospectiva que, embora desenvolvida especificamente para uso no controle de tráfego aéreo (ATC), tem sido adaptada para utilização em outros domínios (SHORROCK; KIRWAN, 2002). Esta técnica que busca explicar como as pessoas percebem o que está acontecendo ao seu redor (usando visão, audição, olfato, paladar, tato e equilíbrio), e como estas informações passam por vários processos mentais que foram desenvolvidos no cérebro humano para processar informações complexas. Os domínios cognitivos na TRACER incluem os seguintes: (a) **Percepção**: erros na detecção e pesquisa visual e na audição; (b) **Memória**: esquecimento (ou lembrar erroneamente) de informações temporárias ou de longo prazo, esquecimento de ações prévias, esquecimento de ações planejadas; (c) **Julgamento**, planejamento e tomada de decisão: erros em antever/avaliar, erros em tomar decisões e erros em planejar; e (c) **Execução de ação**: ações ou falas executadas diferentemente do planejado. Sua estrutura modular, segundo estes autores, permite que o analista descreva o erro a um nível para o qual existe evidência de apoio, o que aumenta a flexibilidade da análise e selecionem apenas aquelas taxonomias que atendam aos propósitos da análise e do contexto. Ao mesmo tempo, a estrutura mapeia, de forma explícita, as relações entre as várias classificações, de forma a prevenir a confusão de tipos de classificações diferentes, as quais, ao serem ordenadas, estas várias classificações de cada taxonomia formam uma imagem detalhada do evento.

Desta forma, explicam os autores, ao determinar o ponto durante o processamento da informação em que ocorreu o erro, o curso de ação mais eficaz para combater o erro no futuro pode ser direcionado aos mecanismos que permitiram que o erro ocorresse.

A TRACER é composta por oito taxonomias ou esquemas de classificação, as quais se dividem em três grandes grupos: um primeiro, composto por aquelas taxonomias que descrevem o **contexto** em que ocorreu o erro, um segundo grupo, que trata dos mecanismos de **produção do erro**, e por fim, aquelas que descrevem a **recuperação do erro**. A tabela 1 apresenta suas grandes divisões, as categorias taxonômicas e o que tipo de informações se encontram incluídas nas mesmas.

Tabela 1 – Divisões e categorias das taxonomias TRACER

Divisões	Categorias		O que classificam
<b>Contexto do erro</b>	Tarefa com Erro		Tarefa que não foi realizada satisfatoriamente.
	Informação do Erro		Assunto ou tópico relacionado ao erro.
	Fatores de Modelagem de Desempenho (PSF)		Fatores que influenciaram o desempenho do comitente do erro, propiciando a ocorrência de erros ou auxiliando na recuperação de erros.
<b>Produção do erro</b>	Domínio Cognitivo	Modo de Erro Externo (EEM)	Manifestação externa e observável do erro, em termos de tempo, sequência, seleção, qualidade, e assim por diante.
		Modo de Erro Interno (IEM)	Função cognitiva que falhou ou poderia falhar, e de que forma.
		Mecanismo de Erro Psicológico (PEM)	Natureza psicológica dos Modos de Erros Internos (IEM), ou seja, os vieses cognitivos que são conhecidos por afetar o desempenho.
<b>Recuperação do erro</b>	7. Detecção de Erros		Palavras-chaves relativas aos fatores que permitiram a identificação o erro potencial ou real.
	8. Correção de Erros		Lista de palavras associadas às formas como o erro foi corrigido após a sua percepção.

Fonte: Adaptado de Shorrock e Kirwan (2002)

Leveson (2011) aponta a necessidade de, nas análises de acidentes realizadas com a utilização do CAST, se evitar o viés de retrospectiva e atribuição de culpa, por meio da mudança de ênfase em o que os seres humanos fizeram de errado para as razões de que por que “fazia sentido para eles agir da maneira que eles fizeram”. De forma complementar, Dekker (2014) alega que não é possível entender plenamente os erros cometidos ao longo do desenrolar de uma ocorrência de segurança por meio de um viés retrospectivo (*hindsight bias*) e, para superar as limitações das análises retrospectivas, propõe que a transformação dos dados obtidos durante a investigação, denominada de descrição contexto-específica - dados e informações factuais, na



linguagem do domínio, a qual as pessoas usam para descrever seu próprio trabalho - para uma descrição conceito-dependente - mais apta ao uso de métodos de fatores humanos (Dekker, 2002). Tal procedimento para reconstrução do desdobramento do raciocínio (*mindset*) dos agentes envolvidos no evento composto por cinco etapas, constantes na tabela 2:

Tabela 2 - Roteiro para reconstrução do desdobramento do raciocínio (*mindset*)

1.	Esquematizar a sequência de eventos (em linguagem específica do contexto), usando o tempo (e o espaço) como princípios organizadores;
2.	Dividir a sequência de eventos em episódios, ou conjunto de episódios (ainda em linguagem específica do contexto), que poderão, posteriormente, se encaixar em diferentes fenômenos psicológicos;
3.	Encontrar os dados que estavam disponíveis para as pessoas durante cada episódio;
4.	Reconstruir o desdobramento do raciocínio das pessoas, ou seja, buscar explicar por que suas avaliações ou ações fizeram sentido para elas naquele momento, usando o princípio da racionalidade local: as pessoas fazem coisas razoáveis, dados seus conhecimentos, seus objetivos, seus pontos de vista e recursos limitados;
5.	Vincular o raciocínio reconstruído a conceitos de fatores humanos, estabelecendo conexões claras entre o conceito e os dados que se tem em mãos.

Fonte: Adaptado de Dekker (2002)

### 2.3 Passo a passo da metodologia proposta

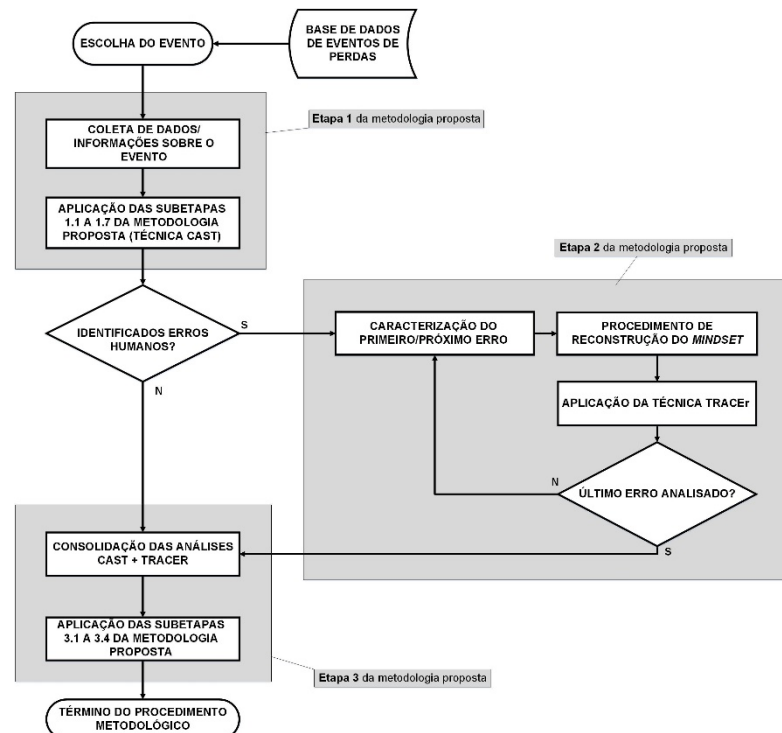
A seguir, na tabela 3 são exibidas as etapas da metodologia utilizada e respectivas subetapas e, na figura 3, a seguir, é mostrado o fluxograma de aplicação da metodologia proposta.

Tabela 3 - Etapas e subetapas da metodologia proposta

Etapa 1 - Coleta de dados e aplicação inicial da análise CAST	
1.1	Reunir informações e documentos referente ao caso em estudo;
1.2	Estabelecer a cadeia de eventos próximos à perda;
1.3	Identificar o sistema e o perigo (a nível de sistema) envolvido na perda;
1.4	Identificar as restrições de segurança e os requisitos do sistema associados esse perigo;
1.5	Documentar a estrutura de controle de segurança;
1.6	Analisar a perda no nível do processo físico;
1.7	Iniciar a análise dos níveis mais altos da estrutura de controle de segurança;
Etapa 2 – Análise de Falhas Humanas	
2.1	Esquematizar a sequência de eventos que levou à falha humana e dividi-la em episódios, ou conjunto de episódios;
2.2	Encontrar os dados que estavam disponíveis para as pessoas durante cada episódio que antecedeu à falha em análise;
2.3	Reconstruir o desdobramento do raciocínio que antecedeu à falha;
2.4	Vincular o raciocínio reconstruído a conceitos de fatores humanos por meio da técnica TRACEr;
Etapa 3 - Incorporação das descobertas da Etapa 2 à aplicação complementar da análise CAST	
3.1	Concluir a análise dos níveis mais altos da estrutura de controle de segurança;
3.2	Examinar a os contribuintes globais da coordenação e da comunicação para a perda;
3.3	Determinar a dinâmica e as mudanças no sistema e na estrutura de controle de segurança relacionadas com a perda;
3.4	Gerar recomendações. As recomendações relativas às ações de controle inseguras praticadas por humanos serão embasadas em técnicas de confiabilidade humana.

Fonte: Adaptado de Leveson (2011) e Dekker (2002).

Figura 3 – Fluxograma de aplicação da metodologia proposta



Fonte: Os autores.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Estudo de Caso: FPSO Cidade de São Mateus – Uma breve contextualização

O FPSO Cidade de São Mateus - CDSM - operava nos campos Camarupim e Camarupim Norte, situados na costa sudeste brasileira, e cujos direitos exploração pertenciam à Petrobras. Sua produção consistia principalmente em gás natural, oriundo de reservas não associadas, além de produzir, de forma secundária, uma fração líquida denominada como condensado de gás natural, que era armazenada nos tanques de carga da plataforma para posterior *offloading*. O gás natural era integralmente transferido por um gasoduto para uma Unidade de Tratamento de Gás (UTG) situada na costa (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, 2015).

Em 11/02/2015, em torno de 11:31hs, horário local, durante uma tentativa de drenagem de resíduo líquido do tanque de carga 6C, após uma manobra para mudança de alinhamento da bomba de *stripping* do header central para o header de boreste, a mesma foi operada com a descarga fechada, o que levou ao vazamento de condensado no flange de uma válvula identificada como OP-68, localizada dentro da casa de bombas da unidade. A consequente detecção de gás, levou à ativação de alarmes sonoros e visuais da plataforma e ao deslocamento dos empregados para seus locais de reunião previamente definidos. Simultaneamente, a estrutura de resposta da unidade, com a formação de um comando de resposta a emergência e equipes de brigada, tendo os técnicos de segurança como seus líderes (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, 2015).

Ao longo do esforço de resposta à emergência, três equipes, formadas por membros das brigadas de incêndio e profissionais de apoio operacional, foram enviadas sucessivamente ao local do vazamento de condensado, mesmo com a presença confirmada de atmosfera explosiva na casa de bombas.

Durante os trabalhos da terceira equipe no interior da casa de bombas, foi ordenada a desmobilização dos pontos de encontro. Às 12h38 ocorreu uma forte explosão. A onda de choque decorrente ocasionou danos estruturais que ocasionaram a entrada e elevação do nível de água na praça de máquinas, no interior da casa de bombas e praça de máquinas, e em outros locais que somente puderam ser identificados quando a unidade foi transladada para um estaleiro para reparos. Ao todo, ocorreram nove fatalidades e foram constatados vinte

e seis feridos, sendo que destes sete apresentaram ferimentos graves (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, 2015).

### 3.2 Resumo dos resultados

#### 3.2.1 Perigos

Foram considerados neste estudo, os seguintes perigos a nível de sistema, e os respectivos requisitos de segurança a eles associados, exibidos na Tabela 4.

Tabela 4 - Perigos do sistema FPSO CDSM e requisitos associados

Nº	Perigos	Requisitos de Segurança
1	Perda de contenção de substâncias inflamáveis, explosivas ou tóxicas em qualquer etapa do processo da planta da FPSO CDSM	Os processos do sistema devem operar dentro do envelope de operação previsto, ou seja, com a manutenção de todas as variáveis de processo dentro dos limites previstos em projeto.
		Em casos em que qualquer variável de processo exorbite os limites previstos em projeto, os sistemas e controles de segurança deverão atuar para impedir que integridade estrutural dos equipamentos/sistemas/compartimentos da planta seja comprometida e, desta forma, que a contenção de substâncias tóxicas, explosivas e/ou inflamáveis nunca venha a ser perdida.
2	Exposição, de pessoas a bordo da embarcação e do meio ambiente, às consequências danosas da liberação de substâncias inflamáveis, explosivas ou tóxicas (intoxicação/explosão)	Na ocorrência de perda de contenção de substâncias tóxicas, explosivas ou inflamáveis em quaisquer dos ambientes da instalação, as ações de resposta ao evento deverão buscar, prioritariamente, e na seguinte ordem: (1) identificação imediata do fato, do local e da substância relacionados à perda de contenção; (2) interrupção/minimização da liberação da substância e contenção da atmosfera contaminada; (3) Eliminação ou neutralização de qualquer fonte de ignição presente no ambiente; e (4) o retorno e a manutenção da concentração da substância liberada em patamares reconhecidamente seguros.
		Na ocorrência de perda de contenção de substâncias tóxicas, explosivas ou inflamáveis em quaisquer dos ambientes da instalação, as atividades de resposta a emergência nestes locais que envolvam a presença de seres humanos no ambiente, somente ocorrerão após a contenção da perda de contenção e a estabilização das condições ambientais em patamares seguros.
		Na ocorrência de perda de contenção em qualquer parte da planta, as pessoas que não estiverem diretamente envolvidos com as atividades de mitigação de danos deverão ser conduzidos e mantidos em locais que lhes proporcionem a maior proteção possível no caso de incêndio, explosão ou liberação de agentes tóxicos até que o contexto operacional tenha se normalizado, ou que se torne necessário evacuar a unidade de processo.

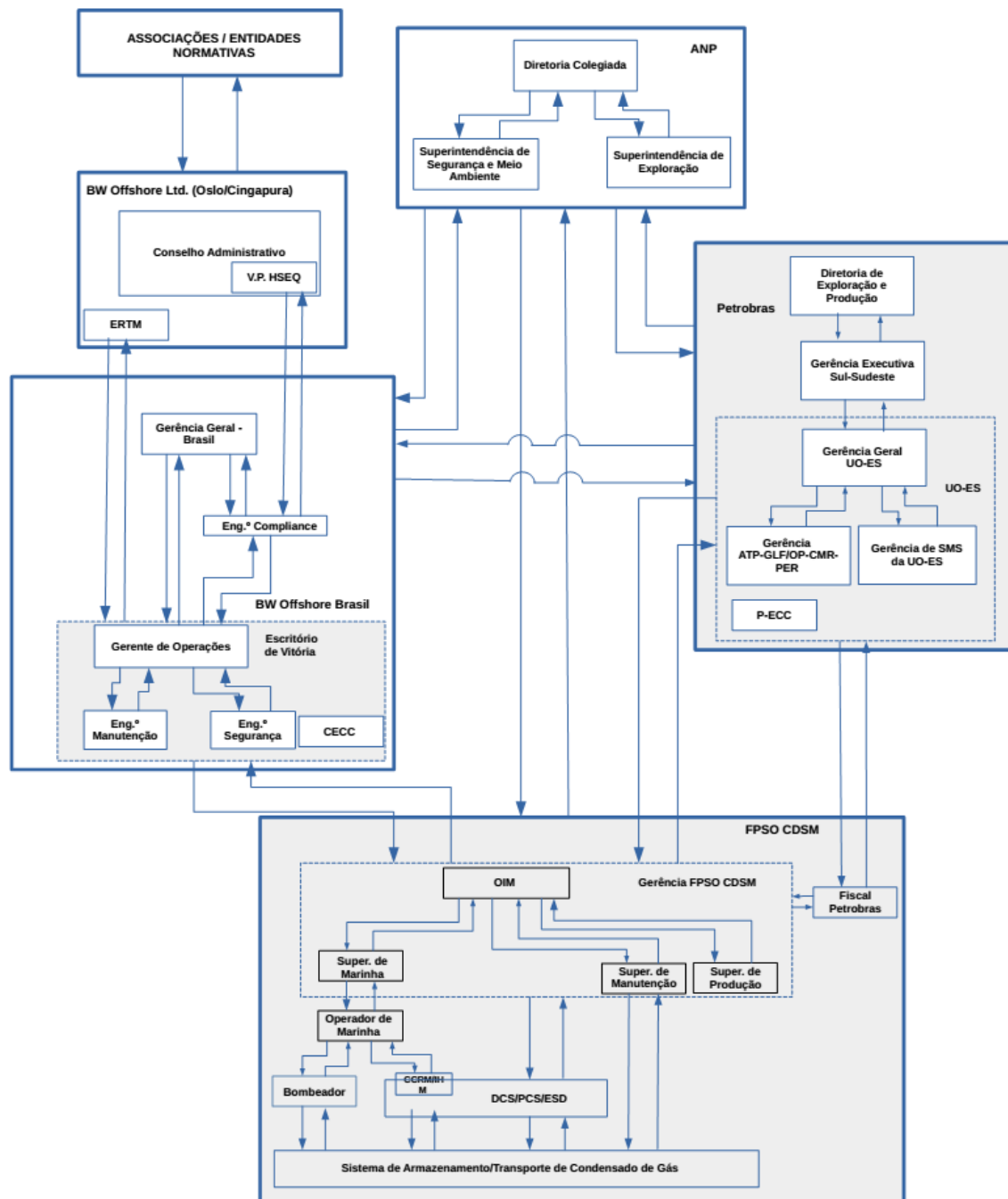
Fonte: Os autores

#### 3.2.2 Estrutura de Controle de Segurança

A Estrutura de Controle de Segurança está exibida a seguir, na Figura 4.

Figura 4 – Estrutura de Controle de Segurança





Fonte: Os autores.

De especial importância na análise do acidente pela metodologia proposta foram os seguintes componentes relacionados na Tabela 5, assim como suas principais responsabilidades.

Tabela 5 - Principais componentes envolvidos no acidente estudado e suas responsabilidades

Componente	Principais responsabilidades
Gerente de Instalação Offshore (OIM)	Assegurar que o FPSO cumprisse seus objetivos e metas operacionais; Manter a condição geral da plataforma e equipamentos associados; Comandante de Incidente Offshore (CIO), ou seja, capitaneou os esforços de resposta à emergência.

Gerente de Operações do FPSO CDSM – Escritório de Vitória	Gerenciar de forma imediata das operações do FPSO CDSM, responsabilizando-se, na medida de suas atribuições, por sua segurança e, na ocorrência de emergência a bordo, assume dar suporte e prover recursos necessários ao pessoal a bordo.
BW Offshore Brasil (operadora da instalação)	Gerenciar a operação de todas as instalações do grupo no Brasil, incluído o FPSO CDSM, e prover-lhes de um SGSOs em conformidade com regulamentação emanada pela Agência Nacional de Petróleo (ANP).
Grupo BW Offshore Ltd.	Projeto – incluindo os estudos de risco ( <i>Safety Case</i> ) e suas atualizações – e construção do FPSO CDSM; provisão de recursos financeiros e de pessoal para a implementação e conformidade das operações com o <i>Safety Case</i>
Petrobras S.A, (concessionária do direito de exploração dos poços associados)	Elaboração do pacote de documentos <i>General Technical Description (GTD)</i> que descreveu as funcionalidades FPSO CDSM; Verificação da adequação, correção e atualização dos estudos de risco ( <i>Safety Case</i> ) da instalação; determinar que o operador da instalação disponha de um SGSO que atenda à regulamentação emanada pela Agência Nacional de Petróleo (ANP).
Agência Nacional de Petróleo (ANP)	Regular a segurança operacional do setor de óleo e gás brasileiro; fiscalizar a segurança operacional do setor de óleo e gás brasileiro; investigar de acidentes e incidentes ocorridos no setor de óleo e gás brasileiro.

Fonte: Os autores.

### 3.2.3 Ações de Controle Inseguras ou Inadequadas (ACI)

No desenrolar dos eventos que levaram ao acidente analisado, foram identificadas as seguintes ações de controle inseguras (ACIs):

- **ACI.1** – Operar a bomba de *stripping* com a descarga fechada;
- **ACI.2** – Decisão de entrada na casa de bombas com a presença de atmosfera explosiva;
- **ACI.3** – Decisão de desmobilização de pessoas dos pontos de encontro com a emergência ainda em andamento.

A análise das ACIs elaborada realizada na Etapa 2 da metodologia proposta (exibida na Tabela 3), no trabalho desenvolvido, se deu apenas para a **ACI.2**, por ser aquela da qual se dispunha de mais informações a respeito dos fenômenos psicológicos envolvidos.

### 3.2.4 Fatores Modeladores de Desempenho – *Performance Shapping Factors (PFSs)*

Após a aplicação da metodologia ao erro humano, ou ACI.2, foram identificados os seguintes Fatores Modeladores de desempenho, exibidos na tabela 6, e as respectivas classificações taxonomia na técnica TRACEr-OGI.

Tabela 6 - Fatores Modeladores de Desempenho que influenciaram a ocorrência da ACI.2 e sua classificação

PSF N°.	Descrição	Categorias e Subcategorias de PSFs
PSF.1	<b>Falhas no gerenciamento de mudanças decididas anteriormente à fase operacional da instalação:</b> (a) O armazenamento por longos períodos de condensado de gás nos tanques de carga da embarcação (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, 2015, p. 64) originalmente projetados para armazenamento de petróleo; (b) A não substituição e não submissão do sistema de transferência de carga do FPSO CDSM a padrões normativos atualizados, quando da conversão do navio tanque Navarín no FPSO CDSM. tendo permanecido conforme fora originalmente construído, em 1989.	<i>Fatores Organizacionais:</i> Fatores Relativos aos Empregados / Gerenciamento de mudanças deficiente
PSF.2	<b>Falhas no gerenciamento de mudanças adotadas na fase operacional da instalação:</b> (a) a degradação do sistema de transferência de carga; (b) a desatualização da documentação técnica do sistema de transporte de carga (P&ID) (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, 2015, p. 132); (c) a realização de manobra de mudança no alinhamento da bomba de stripping no dia de troca de turno; e (d) passagens de serviço ( <i>handover</i> ) inadequadas no dia 11/02/2015, o que impediu que os tomadores de decisão atualizassem seu modelo mental do sistema de transporte de carga do FPSO CDSM.	<i>Fatores Organizacionais:</i> Fatores Relativos aos Empregados / Supervisão Inadequada, Processos Organizacionais; - Fatores de Padronização / Procedimentos ou sistemas de trabalho seguro não disponíveis, confusos, desatualizados ou não utilizados.
PSF.3	<b>Falhas na elaboração e implementação do Plano de Resposta à Emergência:</b> (a) procedimentos incompletos, que não contemplavam todos os cenários acidentais identificados em estudos de risco e os respectivos recursos de resposta; (b) orientações para atribuição de severidade a eventos de segurança inadequadas constantes no Plano de Contingência e Resposta a Emergências com Falhas; (c) o PRE possuía trechos redigidos em dois idiomas, português e inglês; e (d) a estrutura de comunicação de emergência disponível não era aderente ao fluxo de informações previstos no PRE.	<i>Fatores Organizacionais:</i> Fatores Relativos aos Empregados / Nível de treinamento e instrução para o trabalho/Tarefa Fatores de Padronização Projeto da Tarefa e Padrões, Regras e Material de Orientação da empresa e; Fatores Relativos aos Empregados / Nível de treinamento e instrução para o trabalho/Tarefa
PSF.4	<b>Cultura de segurança deficiente a bordo.</b>	<i>Fatores Organizacionais:</i> Fatores Relativos aos Empregados / Cultura de Segurança de Processo
PFS.5	<b>Falta de Apoio das Estruturas de Suporte à Resposta à Emergência em Terra da BW e da Petrobras ao Pessoal embarcado.</b>	<i>Fator Organizacional -</i> Fatores Relativos aos Empregados / Nível de treinamento e instrução para o trabalho/tarefa
PFS.6	<b>Falhas no projeto de segurança da FPSO e no sistema de shutdown de emergência (ESD).</b>	<i>Fatores de Atividades de Trabalho:</i> - Projeto da Interface Homem-Máquina (HMI) / Qualidade do Feedback, etc.; e  <i>Fator Organizacional:</i> Fatores Relativos aos Empregados / Operações Planejadas Inapropriadamente

Fonte: Os autores

A partir da PFSs identificados, assim como das responsabilidades levantadas dos componentes da estrutura de controle hierárquico de segurança, foram elaboradas 16 recomendações de segurança, sendo 4 destinadas ao componente BW Offshore Brasil, 4 destinadas ao componente Grupo BW Offshore Ltd., 7 destinadas ao componente Petrobras S.A., e 5 destinadas ao componente Agência Nacional de Petróleo (ANP).

#### 4. DISCUSSÃO

A definição dos perigos do sistema e dos correspondentes requisitos/restrições de segurança associados com a utilização da técnica CAST, permitiu concluir que a não imposição das restrições concernente ao Perigo nº 2 “Exposição de pessoas a bordo, da embarcação e do meio ambiente às consequências danosas da liberação de substâncias inflamáveis, explosivas ou tóxicas (intoxicação/explosão)” antecederam em muito a ocorrência da ACI.2. Por exemplo, as ações desencadeadas durante o desligamento da planta por meio do ESD, e os procedimentos contidos no Plano de Resposta à Emergência foram definidos antes da fase operacional do sistema. Igualmente, as decisões de armazenar o condensado de gás por longos períodos nos tanques de carga da instalação, contrariando uma recomendação expressa da empresa responsável pelo projeto e conversão da unidade, foram tomadas durante o período em que a FPSO esteve em operação. Logo, ao estender-se retrospectivamente a linha do tempo do acidente, constatam-se que as condições para que a ACI.2 fosse executada à antecederam em muito.

A plena aplicação da metodologia proposta está condicionada ao acesso e coleta de uma significativa quantidade de informações e dados específicos. Isto se deve tanto à natureza sistêmica do modelo causal STAMP, quando à necessidade de profunda compreensão dos fenômenos cognitivos dos seres humanos que tiveram papel relevante na dinâmica accidental. Ocorre que, em decorrência das diferenças metodológicas, tais dados e informações nem sempre são coletadas, o que se torna um obstáculo à aplicação da metodologia proposta. Quando tais dados e informações são parcialmente coletados, sua utilização pode ser vedada sob a alegação de motivos legais, como ocorreu na pesquisa desenvolvida.

Uma forma de superação de tais entraves seria a utilização da metodologia proposta em investigações em andamento, e não apenas como um método de análise de acidentes. Conforme proposto por Leveson (2019), a técnica CAST pode ser utilizada como um método de investigação, e associada à técnica TRACEr, conforme proposto, desde que estabelecidos os protocolos, procedimentos, e o conjunto mínimo de dados e informações necessários para que seja viável esta aplicação.

#### 5. CONCLUSÃO

A aplicação da associação proposta permitiu ao mesmo tempo a elaboração de recomendações (a) diretamente relacionadas aos PSFs que contribuíram para as falhas no processo cognitivo que deram origem ao erro e; (b) endereçadas aos componentes da estrutura de controle de segurança responsáveis por eliminar PSFs e (c) embasadas na utilização de em técnicas de fatores humanos que podem proporcionar as melhores soluções para as questões identificadas. Desta forma, foge-se ao binômio genérico “mais e melhores procedimentos” e “mais e melhores treinamentos”(ANP, 2015; PETROBRAS S.A., 2015), e busca-se corrigir as causas mais profundas e específicas aos cenários que deram origem aos erros humanos/ações de controle inseguras.

Finalmente, constatou-se, conforme preconizado na seção 2, que a associação proposta, embasada na coerência conceitual existente entre as técnicas CAST e TRACEr, proporcionou ganhos à análise, em especial pela compreensão mais profunda dos aspectos relativos os processos que deram causa às ações de controle inseguras, pela identificação dos pontos de tal processo cognitivo envolvidos em sua produção, ao mesmo tempo em que abre a possibilidade de que as causas de tais aspectos sejam tratados de forma integral, em todos os níveis da estrutura de controle de segurança do sistema sociotécnico.

#### 6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, G. N. e B. Relatório de Investigação do Incidente de Explosão

- Ocorrido em 11/02/2015 no FPSO Cidade de São Mateus. . [S.l: s.n.], 2015.
- ANP. Investigation Report on the Explosion Incident Occurred on 11/02/2015 at the FPSO Cidade of São Mateus (Portuguese version). . [S.l: s.n.], 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional-e-meio-ambiente/comunicacao-e-investigacao-de-incidentes/fps-o-cidade-de-sao-mateus>>.
- DEKKER, S. The Field Guide to Human Error Investigations. 1st. ed. Burlington: Ashgate Publishing, 2002.
- \_\_\_\_\_. The Field Guide to Understanding Human Error. [S.l: s.n.], 2014a. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00140130701680544>>.
- \_\_\_\_\_. The psychology of accident investigation: epistemological, preventive, moral and existential meaning-making. 2014b.
- EDMONDS, J. et al. Human factors in the chemical and process industries: Making it work in practice. [S.l.]: Elsevier Inc., 2016.
- HOLLNAGEL, E.; SPEZIALI, J. Study on Developments in Accident Investigation Methods: A Survey of the “State-of-the-Art”. SKI Report, v. 50, p. 45, 2008. Disponível em: <<https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/hal-00569424>>.
- LANIR, Z. Fundamental Surprises. Eugene, Oregon: Decision Research, 1986.
- LEVESON, N. A new accident model for engineering safer systems. Safety Science, v. 42, n. 4, p. 237–270, 2004.
- \_\_\_\_\_. CAST Handbook: How to Learn More from Incidents and Accidents. 2019.
- \_\_\_\_\_. Engineering a safer world: systems thinking applied to safety. Cambridge: MIT Press, 2011.
- LEVESON, N.; THOMAS, J. An STPA Primer. [S.l: s.n.], 2013. v. 2013.
- PERROW, C. Normal accidents: living with high-risk technologies. 1st. ed. New York: Basic Books, 1984.
- PETROBRAS S.A. Relatório Final da Comissão de Investigação de Acidente do FPSO Cidade de São Mateus. . Rio de Janeiro: [s.n.], 2015.
- QURESHI, Z. H. A Review of Accident Modelling Approaches for Complex Critical Sociotechnical Systems. 12th Australian Workshop on Safety Related Programmable Systems (SCS’07), Adelaide, v. 86, p. 47–59, 2008.
- RASMUSSEN, J. Risk Management in a Dynamic Society: a modeling problem. Safety Science. [S.l: s.n.], 1997
- SALMON, P. M. et al. Human factors methods and accident analysis: Practical guidance and case study applications. Human Factors Methods and Accident Analysis: Practical Guidance and Case Study Applications, p. 1–193, 2011. Disponível em: <<http://books.google.com.my/books?id=huZgbvcj34IC>>.
- SHORROCK, S. T.; KIRWAN, B. Development and application of a human error identification tool for air traffic control. v. 33, p. 319–336, 2002.
- THEOPHILUS, S. et al. A Technique for the Retrospective and Predictive Analysis of Cognitive Errors for the Oil and Gas Industry (TRACer-OGI). Safety, v. 3, n. 4, p. 23, 2017.
- TURNER, B. A. Man-Made Disasters. Londres: Wykeham Publications, 1978.