

Metodologia para análise de acidentes por meio da associação da técnica CAST com a técnica TRACER - Estudo de caso

Methodology for analyzing accidents by associating the CAST technique with the TRACER technique - Case study

DOI:10.34117/bjdv7n3-163

Recebimento dos originais: 09/02/2021

Aceitação para publicação: 09/03/2021

José Moisés Fagundes

Mestrado em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro,
UERJ

Instituição: Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

Endereço: R. São Francisco Xavier, 524, 20550-900, Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: jmoisesf@yahoo.com.br

Marco Antonio Gaya de Figueiredo

Doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro,
UFRJ

Instituição: Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

Endereço: R. São Francisco Xavier, 524, 20550-900, Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: mgaya@uerj.br

André Luis Alberton

Pós-Doutorado pelo Programa de Engenharia Química da Universidade Federal do Rio
de Janeiro, PEQ/COPPE/UFRJ

Instituição: Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

Endereço: R. São Francisco Xavier, 524, 20550-900, Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: andreloisalberton@gmail.com

Isaac José Antonio Luquetti dos Santos

Doutorado em Engenharia de Produção pela Coordenação dos Programas de Pós
Graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE-UFRJ

Instituição: Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, Instituto de Engenharia
Nuclear - IEN

Endereço: Rua Hélio de Almeida 75, Cidade Universitária - Ilha do Fundão, 21945-906
- Rio de Janeiro, RJ, Brasil

E-mail: luquetti@ien.gov.br

RESUMO

O objetivo do presente trabalho é apresentar a metodologia voltada 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 análise/investigação de erro humano (HEA/HEI) TRACER, tendo em vista sua coesão conceitual e a mútua complementaridade para a compreensão de falhas humanas ocorridas no desenrolar de uma dinâmica acidental. A metodologia proposta buscou a estruturação da análise, de forma a gerar recomendações de melhor qualidade e eficácia, tendo sido aplicada a um caso real, o acidente ocorrido

no FPSO CDSM, em 11/02/2015, que operava na costa do sudeste brasileiro. Os resultados demonstraram que a aplicação da metodologia ao acidente ocorrido no FPSO CDSM propiciou a análise/investigação das falhas humanas ocorridas no desenrolar de uma dinâmica acidental.

Palavras-Chave: Análise de acidentes, Erro humano, STAMP, TRACER, Indústria de Óleo e Gás.

ABSTRACT

This study aimed to propose a methodology centered on accident analysis by applying the causal analysis based on system theory (CAST) technique together with TRACER, a tool for human error analysis/investigation (HEA/HEI). CAST was derived from the causal model, system theoretic accident model and process (STAMP). The proposed methodology takes into account the conceptual cohesion and mutually complementing nature of these two techniques to understand the human failures that occurred in the course of an accident and its subsequent dynamics. This methodology aims to provide a structured analysis to generate recommendations of higher quality and effectiveness. We validated this methodology by applying it to a real-life accident that occurred on 11/02/2015, at the floating production storage and offloading unit, Cidade de São Mateus, operated on the coast of southeastern Brazil. The results demonstrate the successful application of the proposed unified methodology to the aforementioned accident and provide an analysis/investigation of human failures that occurred in the course of that accident.

Keywords: Accident analysis, Human error, STAMP, TRACER, Oil and gas industry.

1 INTRODUÇÃO

1.1 ACIDENTES, SUAS INVESTIGAÇÕES E ANÁLISES

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 (2014), 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 adiantes 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) apresenta 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.

1.2 MODELOS CAUSAIS DE ACIDENTES

Uma das classificações mais aceitas divide os modelos causais segundo as seguintes abordagens (HOLLNAGEL; GOTEMAN, 2004):

- Sequenciais
- Epidemiológicas
- Sistêmicas

As abordagens sequenciais assumem que os acidentes são o resultado de uma série de eventos ou circunstâncias que interagem sequencialmente entre si e; portanto, os acidentes são evitáveis, eliminando uma das causas na sequência (TOFT; DELL, 2012). Modelos associados à abordagem epidemiológica, também denominados modelos lineares complexos, assumem que os acidentes resultam de uma associação de atos inseguros e condições de risco latentes dentro do sistema, em que os eventos se sucedem de forma sequencial (TOFT; DELL, 2012). Já a abordagem sistêmica abarca modelos que entendem os acidentes como fenômenos que surgem devido às complexas interações entre os componentes do sistema, as quais podem levar à degradação do desempenho do sistema ou a um acidente (QURESHI, 2008).

Tendo por referência tais características, Hollnagel e Speziali (2008) apontam que há a necessidade de se avaliar os modelos causais de acidentes de acordo com a tipologia de sistemas ou condições às quais eles podem dar tratamento. Argumentam, por isto, que a maior parte dos métodos tradicionais, que tiveram sua origem nos anos 1960, já não estariam aptos a abarcar a complexidade dos sistemas hoje existentes, incluindo os métodos baseados na abordagem epidemiológica, desenvolvidos a partir das décadas de 1980, isoladamente, não seriam suficientes para atender à crescente complexidade dos sistemas que estão em operação e em desenvolvimento atualmente.

Observa-se, também, na literatura um número crescente de pesquisas associadas a análises de acidentes, sendo que os trabalhos têm migrado ao longo do tempo de métodos sequenciais e epidemiológicos para métodos sistêmicos (MAZAHARI et al., 2015). Tal interesse acadêmico é justificado, pois, com o uso de tecnologias cada vez mais sofisticadas na indústria, o trabalho humano tem transitado de esforços manuais para atividades cognitivas, gerando novos obstáculos à performance humana e novos modos de falha nos sistemas homem-máquina (QURESHI, 2008). Ou seja, a aplicação de novas tecnologias tem impactado a natureza dos acidentes industriais.

2 O MODELO CAUSAL STAMP, E AS TÉCNICAS CAST E TRACER

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 importantes 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):

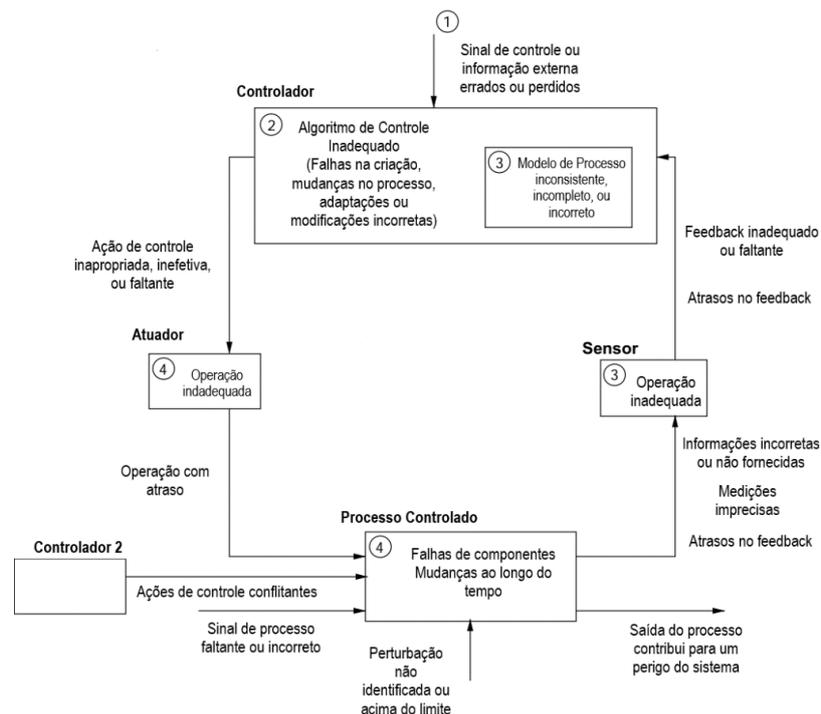
1. As restrições de segurança não foram impostas pelo controlador porque (a) as ações de controle necessárias para impor os as restrições de segurança associadas em cada nível da estrutura de controle do sistema sociotécnico não foram providas; ou (b) as ações necessárias foram providas, mas no momento 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)

2.1 A TÉCNICA CAST E SUA ASSOCIAÇÃO COM TÉCNICAS DE FATORES HUMANOS

A técnica CAST tem por objetivo fornecer uma estrutura ou procedimento para ajudar a compreender todo o processo do acidente e identificar os fatores causais sistêmicos envolvidos. Sua utilização busca prover a capacidade de examinar todo o arranjo do sistema sociotécnico, identificar as fragilidades na estrutura de controle de segurança, subsidiar mudanças que permitiram a eliminação de todos os fatores causais, incluindo os sistêmicos (LEVESON, 2011).

Tendo por base seu algoritmo para execução, as atividades para aplicação da ferramenta CAST são as seguintes, exibidas na tabela 1:

Tabela 1 - Etapas de desenvolvimento da análise por meio da técnica CAST

1.	Estabelecer a cadeia de eventos próximos à perda;
2.	Identificar o sistema e o perigo (a nível de sistema) envolvido na perda;
3.	Identificar as restrições de segurança do sistema e os requisitos do sistema associados esse perigo;
4.	Documentar a estrutura de controle de segurança, por meio da descrição de cada um dos componentes presentes na estrutura, os respectivos papéis e responsabilidades no controle do perigo/imposição das restrições, os controles providos para executar suas responsabilidades, e os feedbacks relevantes fornecidos;
5.	Análise da perda no nível do processo físico e identificar a contribuição de: controles físicos e operacionais inexistentes ou inoperantes (e porque não foram efetivos), falhas físicas, interações disfuncionais, falhas de comunicação e coordenação, e distúrbios não tratados.

6.	Analisar os níveis mais altos da estrutura de controle de segurança e determinar como e por que cada nível superior sucessivo permitiu ou contribuiu para o controle inadequado no nível em análise. Verificar, para cada restrição de segurança do sistema: se a responsabilidade pela imposição que não foi atribuída a um componente; um, ou mais de um, componente(s) não exerceu/exerceram o controle adequado para assegurar que as restrições de segurança atribuídas fossem impostas aos componentes abaixo dele(s).
7.	Examinar a os contribuintes globais da coordenação e da comunicação para a perda.
8.	Determinar a dinâmica e as mudanças no sistema e fragilizações na estrutura de controle de segurança ao longo do tempo relacionadas com a perda.
9.	Gerar recomendações.

Fonte: Adaptado de Leveson (2011)

Observe-se que, durante a etapa nº 6 de aplicação do CAST, na tabela 1, acima, Leveson (2011) salienta que quaisquer decisões humanas ou ações de controle imperfeitas precisam para ser entendidas em termos de informações disponíveis para o tomador de decisão, qualquer informação necessária que não estivesse disponível, mecanismos de modelagem de comportamento, estruturas de valor subjacentes à decisão, falhas nos modelos de processo dos tomadores das decisões e por que essas falhas existiam.

De acordo com Leveson (2011), ações de controles falhas cometidas por controladores podem ser geradas por (1) entradas de controle/informações externas erradas ou ausentes, (2) algoritmos de controle inadequados; e (3) modelos de processo inconsistentes, incompletos ou incorretos.

Entradas erradas ou ausentes referem-se fenômenos em que ações de controle, essenciais para um comportamento seguro de um controlador, e que devem ser providas pelos níveis acima do mesmo, podem não o serem, ou o serem fornecidas erradamente. Além disso, ou tipos de informações não associadas ao controle faltantes ou incorretas também podem afetar a operação do controlador.

Os modelos de processo, no caso de controladores humanos, são chamados de modelos mentais e estão relacionados a uma das formas como em que a informação é organizada em nossa memória de longo prazo. Isto se dá, de acordo com Wickens (2014) em torno de conceitos ou tópicos centrais, que podem ser um equipamento ou um sistema, denominada esquema. Esquemas de sistemas dinâmicos são comumente chamados de modelos mentais, e incluem nossa compreensão sobre os componentes do sistema, como o sistema funciona e como usá-lo. Sua importância reside no fato de que é a partir dele que criamos nossas expectativas sobre como o equipamento ou sistema se comportará. Modelos mentais podem ser pessoais, quando utilizados por um único indivíduo, ou

serem compartilhados por muitas pessoas. Modelos mentais podem variar em seu grau de completude e correção.

Segundo Leveson (2011), algoritmos de controle, no caso de controladores humanos, referem-se aos procedimentos usados por eles, sendo afetados pelo treinamento inicial, pelos procedimentos fornecidos, pelo feedback do processo, e experimentação ao longo do tempo. Procedimentos podem ser inseguros por terem sido projetados inadequadamente; se tornarem inseguros por que o processo se modifica, tornando-os inadequados; e também devido a adaptações naturais, se tais procedimentos forem realizados por seres humanos, no âmbito da famosa dicotomia trabalho prescrito x trabalho real.

A necessidade, estabelecida pelo procedimento preceituado para aplicação da ferramenta CAST, de aprofundamento das pesquisas a respeito de aspectos pertencentes à área de conhecimento de fatores humanos envolvidos na gênese dos acidentes enseja, por si só, a utilização por métodos que a amparem, em especial por que nos casos em que o papel de controlador cabe a seres humanos, isto envolve a realização de tarefas que são prescritas por componentes de níveis superiores, por meio de procedimentos estabelecidos, os treinamentos providos e as demais condições para sua realização.

Portanto, a análise de Ações de Controles Inseguras (ACIs), que neste contexto particular se configuram como erros humanos, por meio da metodologia apresentada proporcionará uma compreensão estruturada de todos os aspectos a elas associados, propiciando o robustecimento e maior especificidade do processo de elaboração de recomendações. Ou seja, tratando-se de um controlador humano, quanto mais estruturado o método de análise e baseado em um modelo cognitivo e em taxonomias associadas válidas, mais compreensivo será o entendimento obtido acerca deste fenômeno, mais efetivas, aplicáveis e melhor endereçadas serão as recomendações elaboradas.

Por exemplo, após a identificação de uma ACI que envolveu um modelo mental com falhas, algumas perguntas podem ser levantadas a partir daí: qual a origem das falhas presentes neste modelo mental? Que fatores contribuíram para sua existência? Se tratava de um modelo mental pessoal, ou compartilhado por um grande grupo de pessoas? Como evitar que situações semelhantes ocorram?

Esta necessidade de aprofundamento das pesquisas a respeito de aspectos pertencentes à área de conhecimento de fatores humanos envolvidos na gênese dos acidentes enseja, por si só, a utilização por métodos que a amparem e foi o ponto de partida da pesquisa devolvida.

Buscou-se, para isso, avaliar-se a aplicação da técnica CAST a acidentes em que erros humanos tenham sido preponderantes para a sua ocorrência, ou para o agravamento de suas consequências, assim como verificar a validade, coesão conceitual e a mútua complementaridade desta ferramenta de análise com um técnica de análise de análise/investigação de erro humano, de forma clarificar suas causas mais profundas e associando-os, posteriormente, ao contexto sistêmico em que ocorreram.

2.2 FALHAS HUMANAS

A tentativa de uma clara definição do conceito de “erro humano” tem sido objeto de um grande número de trabalhos acadêmicos. Hollnagel (1998) aponta que, apesar do fato de que o termo "erro" possuir um significado relativamente simples na vida cotidiana, sua definição técnica precisa tem se mostrado extremamente difícil, e que a razão para isso é que, devido às diferentes premissas ou diferentes pontos de partida, não tem sido possível encontrar o consenso quanto ao que constitui as qualidades definitivas dos fenômenos que comumente associamos ao termo "erro".

Dekker (2014) entende que os sistemas complexos não são basicamente seguros, e que as pessoas que neles atuam precisam criar segurança adaptando-se, sob pressão e agindo sob incerteza, por meio de trade-offs entre a segurança e outros objetivos. Por isto, para este autor, o erro humano não é uma causa de falha, e sim o sintoma, de problemas mais profundos, estando ligado sistematicamente a características das ferramentas, tarefas e ambiente operacional em que os seres humanos atuam. Por isto, conclui, o erro humano não deve ser a conclusão de uma investigação, e sim seu ponto de partida. Em apoio a isso, Taylor (2016) aponta que em quase todos os casos de acidentes investigados, constata-se que existe uma rede de causas e influências que é bastante complexa, e que quase nunca é possível atribuir o erro exclusivamente ao operador ou ao técnico de manutenção, tendo sido observadas contribuições, para o evento indesejado, de projetistas e gerentes das plantas. Para Reason (2009) qualquer classificação de erros que esteja restrita ao processamento de informações individuais, proporcionará apenas uma amostra parcial das possíveis variedades de comportamento errôneo.

Neste mesmo sentido, HSE (2007) aponta que as consequências de falhas humanas podem ser imediatas ou retardadas. Este lapso temporal entre a ação errônea e seus resultados serve para fundamentar a classificação apresentada, que as divide em “falhas ativas”, que ocasionam consequências imediatas sobre saúde e segurança e que, em geral, são praticadas por profissionais da ponta, como motoristas, operadores de salas

de controle ou de equipamentos, e o outro tipo de falha denominada “falhas latentes”, praticadas por pessoas cujas tarefas estão distantes temporal e espacialmente das atividades operacionais, como projetistas, tomadores de decisão e gestores. Em geral, são as últimas são falhas nos sistemas de gestão de saúde e segurança: projeto inadequado de instalações e/ou equipamentos, treinamento não efetivo, supervisão inadequada; comunicações ineficazes, e indefinições de atribuições e responsabilidades (HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 2007).

É necessário, também, fazer uma distinção entre os dois tipos de erros mencionados na literatura revista, os erros não intencionais e os erros intencionais, também chamados de violações. Edmonds et al. (2016) observa que distinguir uma violação de um erro humano não intencional nem sempre é simples: é necessário levar em consideração o “estado de espírito” do agente, além de se determinar por meio de diferentes fontes de evidências se (a) a pessoa sabia a forma correta de se comportar; e (b) houve o desvio intencional da forma correta de se comportar.

De acordo com Edmonds et al. (2016), o erro não intencional se caracteriza pelo fato da pessoa que o comete não decide deliberadamente fazer algo errado. HSE (2007) adapta os esquemas desenvolvidos por Reason (2009) e Rasmussen (1983) e classifica os erros humanos nas categorias: deslizes (slips), lapsos (lapses) e enganos (mistakes). Deslizes e lapsos ocorrem em tarefas familiares, onde a ação é realizada sem muita necessidade de atenção consciente, denominadas “baseadas em habilidades” (skill-based), sendo que os deslizes são falhas na execução das ações como de uma tarefa, ou “ações não planejadas”, e lapsos são omissões ou esquecimentos ao realizar uma ação, esquecer em ponto se encontrava a execução da tarefa, ou mesmo esquecimento do que havia sido planejado fazer HSE (2007). Deslizes e lapsos são também conhecidos como erros de execução. Os enganos, também conhecidos como erros cognitivos, ou falhas de planejamento (Reason, 2009), ocorrem quando uma pessoa executa a ação pretendida, mas deveria ter executado uma ação distinta (Energy Institute, 2008). Reason (2009) aponta, ainda, que os enganos podem subdivididos em falhas de regras (rule-based), onde alguma solução existente para o problema, como uma regra ou procedimento, é aplicada de forma inadequada, e falha de conhecimento (knowledge-based), onde o indivíduo, quando não está disponível uma regra ou procedimento de aplicação geral, é forçado a elaborar um plano de ação a partir dos conhecimentos relevantes que ele ou ela possui naquele momento.

Muitos modelos e pesquisas foram desenvolvidos a respeito das condições específicas que aumentam ou diminuem a probabilidade de erro humano. Essas condições são chamadas de fatores de modelagem de desempenho ou, em inglês, Performance Shaping Factor (PSFs). De acordo com Energy Institute (2008), um fator de modelagem de desempenho é qualquer fator que possa afetar o desempenho humano, de forma positiva ou negativa. Taylor (2016) explica que no desenvolvimento dos primeiros métodos de análise da confiabilidade humana, observou-se que as probabilidades iniciais de erro humano poderiam ser ajustadas por fatores para levar em conta a influência de certas circunstâncias presentes na execução da tarefa, como por exemplo a fadiga do operador. Desta forma, a probabilidade de referência é multiplicada por um fator associado à fadiga. Edmonds et al. (2016) ressalta que é importante distinguir tais fatores que afetam o desempenho humano das causas mais profundas da ocorrência de erros: ao se eliminar os PSFs, se tornará mais improvável o erro, mas não se eliminará as causas mais profundas, pois sua gênese é disparada por outros mecanismos arraizados na psicologia e nas funções cognitivas superiores do cérebro humano.

2.3 A TÉCNICA TRACER - TECHNIQUE FOR RETROSPECTIVE ANALYSIS OF COGNITIVE ERROR

Uma vez entendida 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 mostradas na Tabela 2, 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 2 – Divisões e categorias das taxonomias TRACER

Divisões	Categorias		O que classificam
Contexto do erro	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.
Produção do erro	Modo de Erro Externo (EEM)		Manifestação externa e observável do erro, em termos de tempo, sequência, seleção, qualidade, e assim por diante.
	Domínio Cognitivo	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.
Recuperação do erro	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)

3 METODOLOGIA UTILIZADA PARA A ASSOCIAÇÃO DA TÉCNICA CAST A MÉTODOS FATORES HUMANOS

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 desenvolvimento do raciocínio (mindset) dos agentes envolvidos no evento composto por cinco etapas, constantes na tabela 3:

Tabela 3 - Roteiro para transformação reconstrução 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)

3.1 PASSO A PASSO DA METODOLOGIA PROPOSTA

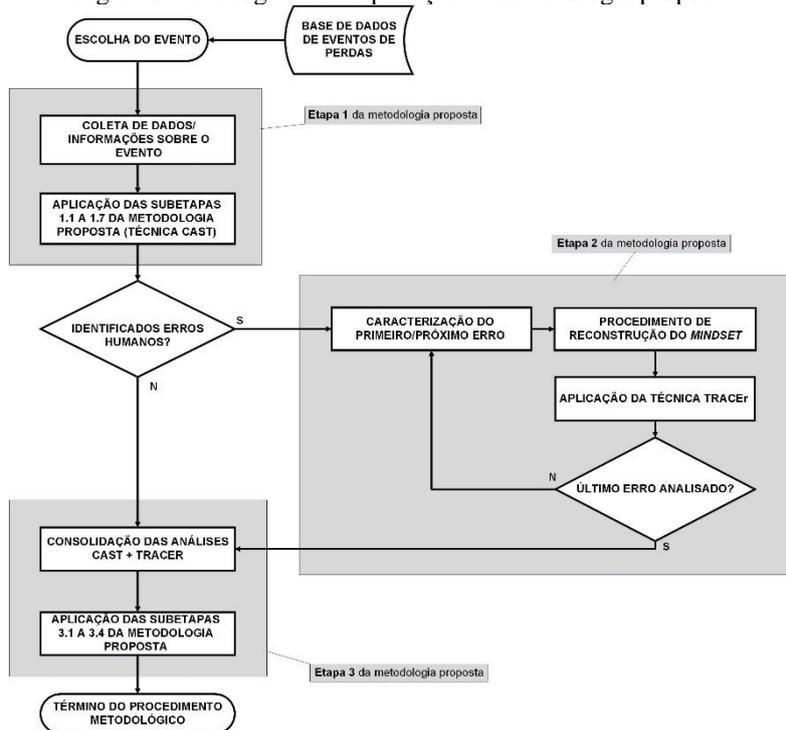
A seguir, na tabela 4 são exibidas as etapas da metodologia utilizada e respectivas subetapas e, na figura 3, a seguir, é mostrado o fluxograma de aplicação da metodologia proposta.

Tabela 4 - 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: O autor.

Figura 3 – Fluxograma de aplicação da metodologia proposta



Fonte: Os autores.

4 ESTUDO DE CASO: FPSO CIDADE DE SÃO MATEUS

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 um 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).

4.1 RESUMO DOS RESULTADOS

4.1.1 Perigos

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

Tabela 5 - 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, incluídos os que ocorrem no FPSO CDSM, 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 que qualquer fonte de ignição presente no ambiente; e (4) o retorno e a manutenção da concentração da substância liberada em patamares reconhecidamente seguros.

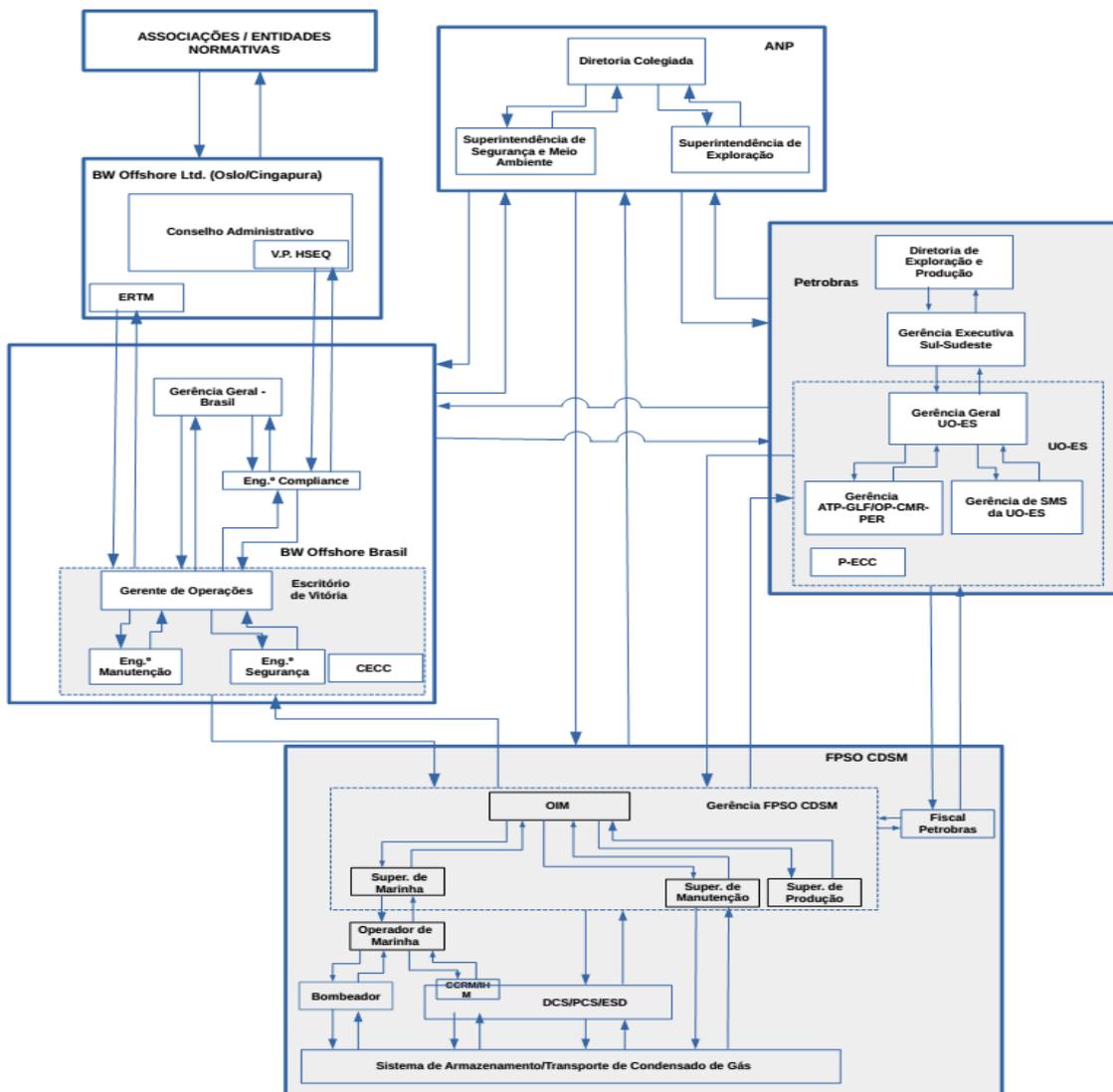
	<p>Na ocorrência de perda de contenção de substâncias tóxicas, explosivas ou inflamáveis em quaisquer dos ambientes da instalação, as atividades de resposta a emergência nestes locais que envolvam a presença de seres humanos no ambiente, somente ocorrerão após a contenção da perda de contenção e a estabilização das condições ambientais em patamares seguros.</p> <p>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.</p>
--	--

Fonte: Os autores

4.1.2 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 6, assim como suas principais responsabilidades.

Tabela 6 - 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)	Era a operadora da instalação. Gerenciar a operação de todas as instalações do grupo no Brasil, incluído o FPSO CDSM, e prover-lhes de SGSOs em conformidade com regulamentação emanada pela Agência Nacional de Petróleo (ANP).
Grupo BW Offshore Ltd.	Projeto – incluindo os estudos de risco (Safety Case) e suas atualizações – e construção do FPSO CDSM; provisão de recursos financeiros e de pessoal para a implementação e conformidade das operações com o Safety Case
Petrobras S.A, (concessionária do direito de exploração dos poços associados)	Elaboração do pacote de documentos General Technical Description (GTD) que descreveu as funcionalidades FPSO CDSM; Verificação da adequação, correção e atualização dos estudos de risco (Safety Case) 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.

4.1.3 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 __), 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.

4.1.4 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 7, e as respectivas classificações taxonomia na técnica TRACEr-OGI.

Tabela 7 - Fatores Modeladores de Desempenho que influenciaram a ocorrência da ACI.2 e sua classificação

PSF N°.	Descrição	Categorias e Subcategorias de PSFs
PSF.1	Falhas no gerenciamento de mudanças decididas anteriormente à fase operacional da instalação: (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.	Fatores Organizacionais: Fatores Relativos aos Empregados / Gerenciamento de mudanças deficiente
PSF.2	Falhas no gerenciamento de mudanças adotadas na fase operacional da instalação: (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 (handover) 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.	Fatores Organizacionais: - 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	Falhas na elaboração e implementação do Plano de Resposta à Emergência: (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.	Fatores Organizacionais: - 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	Cultura de segurança deficiente a bordo.	Fatores Organizacionais: - Fatores Relativos ao Empregados / Cultura de Segurança de Processo
PFS.5	Falta de Apoio das Estruturas de Suporte à Resposta à Emergência em Terra da BW e da Petrobras ao Pessoal embarcado.	Fator Organizacional - - Fatores Relativos ao Empregados / Nível de treinamento e instrução para o trabalho/tarefa

<p>PFS.6</p>	<p>Falhas no projeto de segurança da FPSO e no sistema de shutdown de emergência (ESD).</p>	<p>Fatores de Atividades de Trabalho: - Projeto da Interface Homem-Máquina (HMI) / Qualidade do Feedback, etc.; e</p> <p>Fator Organizacional: - Fatores Relativos ao Empregados / Operações Planejadas Inapropriadamente</p>
---------------------	--	---

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).

5 CONCLUSÃO

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 o 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 nº 2 fosse executada à antecederam em muito.

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.

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, quanto à necessidade de profunda compreensão dos fenômenos cognitivos dos seres humanos que tiveram papel relevante na dinâmica acidental. 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.

Finalmente, constatou-se, conforme preconizado no item 2.1, 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.

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.

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.

ENERGY INSTITUTE. Guidance on investigating and analysing human and organisational factors aspects of incidents and accidents. n. 1097899, 2008.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. Reducing error and influencing behaviour. 2^a ed. London: [s.n.], 2007.

HOLLNAGEL, E. And Error Analysis Method - CREAM. 1st. ed. Oxford: Oxford, 1998.

HOLLNAGEL, E.; GOTEMAN, Ö. The Functional Resonance Accident Model. Proceedings of cognitive system engineering in process plant, p. 155–161, 2004. Disponível em: <<http://82.94.179.196/bookshelf/books/403.pdf>>.

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.

MAZAHERI, A. et al. Usability of accident and incident reports for evidence-based risk modeling - A case study on ship grounding reports. Safety Science, v. 76, p. 202–214, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2015.02.019>>.

PERROW, C. Normal accidents: living with high-risk technologies. 1st. ed. New York: Basic Books, 1984.

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

_____. Skills Rules and Knowledge, Other Distinctions in Human Performance Models. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, v. 13, n. 3, p. 257–266, 1983.

REASON, J. Human Error. New York: Cambridge University Press, 2009.

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.

TAYLOR, J. R. Human Error In Process Plant Design And Operations. Boca Raton: CRC Press, 2016.

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.

TOFT, Y.; DELL, G. Models-of-causation-Safety. Tullamarine: HaSPA (Health and Safety Professionals Alliance), 2012. p. 35.

TURNER, B. A. Man-Made Disasters. Londres: Wykeham Publications, 1978.

WICKENS, C. D. et al. Introduction to Human Factors Engineering. [S.l: s.n.], 2014.