

Pós-Graduação

Segurança de Processos



ANÁLISE DO FATOR HUMANO NA CLASSIFICAÇÃO DE RISCO

Carolina T.C. de Souza, Diogo B. Petrópolis, Eduardo N. Satuf, Renan A. da Rocha, Thalissa F. M. Lima

RESUMO

A decisão do acionamento do sistema de CO₂ – dióxido de carbono - em uma unidade marítima de petróleo é uma operação específica, não rotineira, caracterizada por várias etapas envolvendo contagem de pessoal, acionamento de válvulas, dentre outras, exigindo do executante disciplina e treinamento nos procedimentos. Esta etapa somente é executada quando é observado um princípio de incêndio na unidade marítima, e o comando deve vir direto do OIM – Offshore Installation Manager, em português, o gerente de instalação da plataforma. Alguns acidentes na indústria já foram reportados, pois o CO₂ pode causar fatalidade ao ser humano por asfixia. O trabalho apresentado tem como proposta a aplicação da técnica HAZOP – Hazard and Operability Study, no português Estudo de Perigos e Operabilidade sob a ótica de Fatores Humanos e aplicação de técnica Petro-HRA. A partir da aplicação das duas metodologias, foi possível observar que o uso do Hazop sobre a ótica de Fatores Humanos poderia auxiliar no desenvolvimento da cultura de segurança com o objetivo de promover a capacitação, treinamento e desenvolvimento das equipes para em seguida se dedicarem a aplicação de metodologias de engenharia de fatores humanos e análise de confiabilidade humana como Petro-HRA.

Palavras-chave:

Hazop humano, Petro-HRA, Análise de Confiabilidade Humana, Fatores Humanos.

ABSTRACT

The decision to activate the CO₂ - carbon dioxide - system in a maritime oil unit is a specific, non-routine operation, tracked by several stages, following the counting of personnel, activation of valves, among others, followed by the executor, discipline and training in procedures. This step is only performed when a fire is observed in the offshore unit, and the command must come directly from the OIM – Offshore Installation Manager. Some accidents in the industry have already been reported, as CO₂ can cause fatalities to humans. The work presented proposes the application of the technique HAZOP – Hazard and Operability Study, in Portuguese Study of Hazards and Operability from the perspective of Human Factors and application of the Petro-HRA technique. From the application of the two methodologies, it was possible to observe that the use of Hazop from the perspective of Human Factors could support the safety culture development with the objective of promoting the qualification, training and development of the teams, to then dedicate themselves to the application of human factors engineering methodologies and human reliability analysis such as Petro-HRA.

Keywords: *Human Hazop, Petro-HRA, Human Reliability Analysis, Human Factors.*

1. INTRODUÇÃO

“Como aumentar a segurança de processos na indústria de petróleo?” é uma pergunta bastante abrangente e ambiciosa. Na medida em que o desenvolvimento tecnológico, no sentido estritamente técnico (máquinas e processos, projeto, fabricação e manutenção), tornou o equipamento de uma planta de processo mais confiável, os fatores humanos (e organizacionais) ganham importância nas causas de acidentes (RIBEIRO, 2012, p.16).

É no ser humano que está a solução de problemas de produção, seja como operador, seja como inventor. É quem tem condições de lidar com as ocorrências que não foram previstas durante o projeto, e que podem causar desde perdas financeiras e danos ambientais, até ferimentos e morte de pessoas.

Em particular, na indústria do petróleo, os sistemas de exploração, produção e refino são sistemas sociotécnico complexos, ou seja, envolvem equipamentos e pessoas, especialmente os operadores que acompanham e controlam o processo. Para diminuir a imprevisibilidade, são realizadas análises de perigos e de riscos com o objetivo de identificar modos de falha que poderiam levar a cenários acidentais, além de outras que incluem confiabilidade e viabilidade econômica.

Essas análises de risco buscam desvios da intenção projetada para o processo em decorrência de falhas de dispositivos ou de operação, estimam o risco de cada desvio em função da frequência da falha ou do cenário, e da severidade da consequência, e avaliam qualitativamente a redução de risco que salvaguardas podem prover.

The Institute of Petroleum (2003) define “fatores humanos” como tudo o que se refere ao que precisa ser controlado para obter um desempenho humano confiável. Já o *Health and Safety Executive* (HSE, 1999), Agência para Segurança e Saúde inglesa, declara que “fatores humanos” se referem a fatores ambientais, organizacionais e de trabalho, e características humanas e individuais que influenciam o comportamento no trabalho de uma maneira que pode afetar a segurança.

Há que se distinguir dos fatores humanos os erros humanos. Os erros humanos ocorrem devido a uma interação inadequada entre o ser humano e a situação. Erros são

ações que não foram planejadas ou ações não intencionais. Podem ocorrer durante uma tarefa familiar, por exemplo, omissões (por esquecimento), que são particularmente relevantes para reparo, manutenção, calibração ou teste. É improvável que sejam eliminados pelo treinamento e precisam ser dimensionados (HSE, 2007).

Na indústria química e petroquímica, a falha humana é causa de mais de 80% dos acidentes (in KARIUKI, e LOWE, 2007). Acidentes de Bhopal (1984), Piper Alpha (1988), Refinaria Texaco (1994) e Cidade de São Mateus (2015) têm erros humanos como causas diretas ou indiretas. Desta forma, agências reguladoras têm incluído fatores humanos como aspectos que devem ser tratados pelas empresas operadoras.

Dois fatores contribuem para que as questões relativas a seres humanos não sejam suficientemente consideradas durante análises de perigos em processos (process hazard analysis – PHA): ênfase no projeto técnico, em detrimento, muitas vezes, dos fatores operacionais e organizacionais; e o foco nos sintomas do erro humano, em vez de suas causas subjacentes (KARIUKI, e LOWE, 2007).

A segurança de pessoas, meio-ambiente e patrimônio (ativos) é avaliada por meio de análises de perigos de processo (em inglês, Process Hazard Analysis, PHAs), das quais a técnica HAZOP – *Hazards and Operability Study*, ou Estudo de Perigos e Operabilidade – é o exemplo mais comum.

Ao HAZOP é comum agregar-se a técnica de LOPA – *Layers Of Protection Analysis*, ou Análise de Camadas de Proteção – que avalia semiquantitativamente (usando ordens de grandeza) o risco associado aos perigos identificados no HAZOP: o risco de um acidente ocorrer é dado pela combinação da frequência do cenário acidental (dada basicamente pela frequência da causa que inicia o cenário) com a severidade desse cenário, ou seja, o quão grave são as consequências do acidente. Maior frequência ou maior severidade significam maior risco. A LOPA prevê o uso de fatores modificadores que permitem levar em conta circunstâncias operacionais ao se avaliar o risco associado a um cenário.

Sob o aspecto de fatores humanos, para se conhecer o risco associado ao desempenho humano, é necessário conhecer os fatores que influenciam o desempenho

humano (FID), havendo uma lacuna de informação no que se refere a interação entre fatores humanos (e organizacionais) e tecnológicos (MORAIS, 2022).

Integrar fatores humanos às análises de risco de processo ajudaria a identificar, entender, controlar e evitar falhas associadas ao desempenho humano que podem resultar em acidentes. Devem ser identificados os fatores que afetem positiva ou negativamente o desempenho humano, de forma a avaliar o risco associado e permitir trazer esse risco para os níveis toleráveis pela organização. É necessário, portanto, avaliar a confiabilidade humana, a probabilidade de um ser humano falhar na realização de uma tarefa, de forma a ter melhor avaliação do risco do cenário.

Este trabalho pretende mostrar a importância da análise de confiabilidade humana por meio do método Petro-HRA, e do “Hazop Humano”, onde as etapas críticas de procedimentos podem ser analisadas, avaliando-se o contexto em que são executadas e os possíveis desvios, e da possível contribuição para a segurança de processos na indústria de petróleo. Além desta Introdução, esse trabalho inclui uma descrição dos métodos na Seção 2 *Desenvolvimento*, uma aplicação (simplificada) do PetroHRA sobre um procedimento operacional de acionamento de sistema de CO₂ em embarcação do tipo FPSO e sua discussão na Seção 3 *Resultados e Discussão*, e propõe alguns trabalhos futuros nas considerações finais.

2. REVISÃO DE METODOLOGIAS

Nesta seção são apresentadas as metodologias. É apresentada a metodologia Hazop Humano, baseada, como o nome sugere, na metodologia Hazop, *Hazards and Operability Study* ou Estudo de Perigos e Operabilidade.

É apresentada em seguida a metodologia PetroHRA – *Human Reliability Analysis for Petroleum Industry*.

2.1. Hazop e Hazop Humano

Hazop Humano ou *Human Hazop* é a aplicação do método Hazop ao trabalho executado pelo ser humano, ou seja, procedimentos executados por operadores em

determinado processo, em oposição ao trabalho executado pelo equipamento (hardware) nesse processo. Basicamente, analisam-se procedimentos, em vez de fluxogramas de engenharia.

Para entender Hazop Humano, antes é necessário apresentar a metodologia Hazop.

2.1.1. O Método Hazop

Hazop – Hazard and Operability Study ou Estudo de Perigos e Operabilidade – é uma técnica de análise de risco aplicada na indústria petrolífera e petroquímica, a cujos processos se aplica especialmente. Hazop visa evitar a perda de contenção de fluidos perigosos, em geral, hidrocarbonetos inflamáveis.

O propósito de uma análise Hazop é estudar um processo de uma maneira sistemática de forma a determinar desvios da intenção do projeto que possam levar a consequências indesejáveis ou acidentes. Essa técnica pode ser usada para processos contínuos ou em lote e pode ser adaptada para avaliar procedimentos escritos (CCPS, 2008).

O método Hazop é executado por uma equipe multidisciplinar. O processo é dividido em nós, cada nó sendo uma parte manipulável do processo, facilitando a análise. Deve ser definida a intenção de cada nó, isto é, o processamento esperado em operação normal. São definidas as variáveis de processo – tipicamente, fluxo (vazão), pressão, nível e temperatura –, e as palavras-guia – maior, menor, nenhum etc. –, que, como o nome indica, guiarão a análise.

O procedimento de aplicação do método Hazop inicia-se por aplicar cada palavra-guia a cada variável de processo formando um desvio: fluxo nenhum, fluxo menor, fluxo maior, pressão menor, pressão maior, e assim por diante. Em cada nó, para cada desvio, são avaliadas suas consequências, considerando que todas as salvaguardas falharam, por exemplo, para nível maior a consequência pode ser transbordamento de óleo de um tanque. Ainda para cada desvio, para as consequências listadas, buscam-se as possíveis causas. Por exemplo, uma causa para Fluxo Nenhum pode ser o fechamento de uma válvula ocasionado por uma falha (CCPS, 2008, p.124).

Em seguida, são listados as salvaguardas e os modos de detecção, ou seja, modos de avisar à operação, cuja ação será a efetiva salvaguarda, que é necessária alguma intervenção. De preferência, salvaguardas e modos de detecção devem estar listados cenário a cenário, isto é, para cada respectivo par causa-consequência, de modo a ficar claro quais efeitos estão sendo evitados por quais salvaguardas. Finalmente, caso a equipe julgue necessário, são feitas recomendações de forma a evitar ou mitigar o cenário accidental sendo analisado.

O Hazop pode ser entendido como um brainstorm estruturado, tendo o objetivo de estimular a criatividade ao se buscar o que pode dar errado em um processo. A Figura 1 mostra um fluxograma da execução do método ao longo de uma reunião de Hazop, baseado no procedimento apresentado (CCPS, 2008).

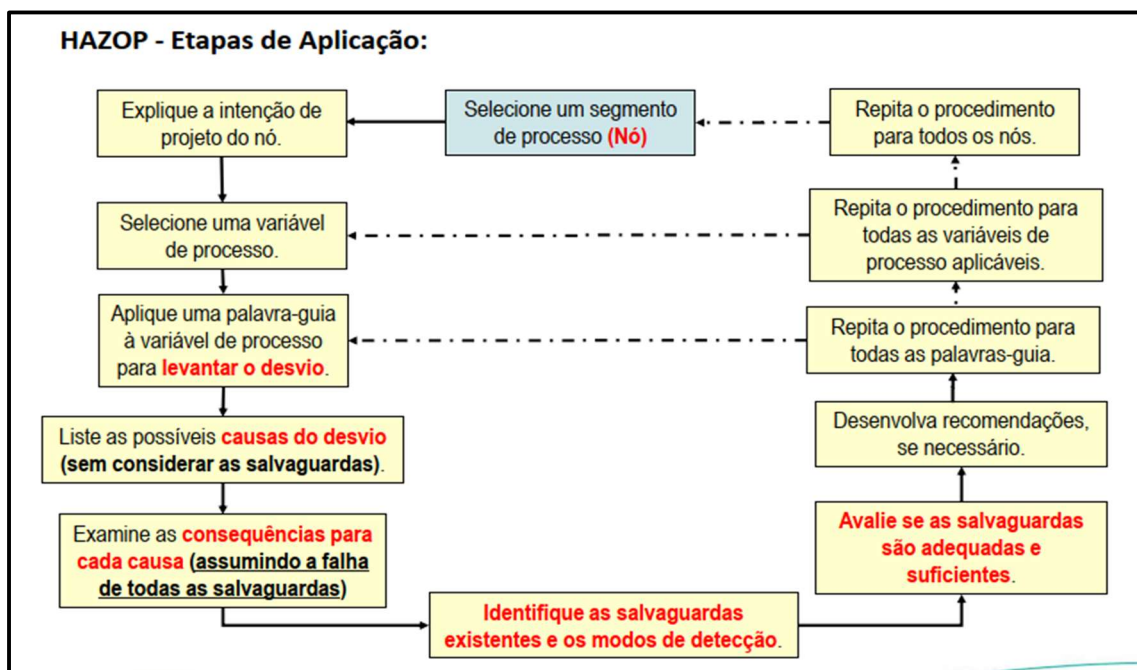


Figura 1 – Fluxograma de Execução do Hazop (TELLES, 2022).

Após dividir o processo em segmentos, os nós, para cada nó deve ser explicada a intenção de projeto, e selecionada uma variável de processo para a qual serão aplicadas as palavras-guia, definindo desvios da intenção de projeto (Tabela 1). Para cada desvio são listadas as causas identificadas (dentro do nó sendo analisado), e, para cada causa, são examinadas as possíveis consequências, assumindo a falha de todas as salvaguardas

– conforme a Figura 1, as causas de cada desvio devem ser identificadas antes dos efeitos, mas, na prática, conforme a conveniência, pode haver uma inversão, listando os efeitos e, depois, as respectivas causas.

Depois, são identificados as salvaguardas e os modos de detecção. Para cada cenário, é avaliado se as salvaguardas existentes são suficientes, e, se necessário, são feitas recomendações, conforme o procedimento básico (CCPS, 2008). Repete-se para cada palavra-guia, para cada variável de processo e para cada nó.

Note-se que no método Hazop, em sua versão original, não são consideradas as probabilidades das causas ou dos cenários ocorrerem. O risco, combinação da frequência da causa e da severidade das consequências, não é avaliado. O método Hazop identifica cenários (causas e seus respectivos efeitos).

Tabela 1 - Exemplo de Planilha para estudo de Hazop.

Desvios	Possíveis causas	Possíveis efeitos	Modo de detecção / Salvaguardas	Recomendações/ Observações
Fluxo nenhum				
Fluxo menor				
Fluxo maior				
Fluxo reverso				
Contaminação				
Pressão maior				
Pressão menor				
Nível maior				
Nível menor				
Temperatura maior				
Temperatura menor				

Em alguns casos, o risco precisa ser avaliado no Hazop devido à exigência de órgãos reguladores, a exemplo da ANP no Brasil (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) (Regulamento ANP 43/2007 – SGSO – Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional).

2.1.2. O Hazop Humano

Embora um estudo Hazop possa incluir falhas humanas como causas de desvio, ele se concentra no processo, no equipamento de processo e em falhas nesse equipamento.

No entanto, o processo inclui procedimentos executados por operadores. E esses procedimentos, da mesma forma que o projeto do processo, são criados com determinada intenção, e, ao serem executados, podem ocorrer falhas, incluindo erros, fazendo com que a execução sofra desvios da intenção original.

A aplicação do método segue os mesmos passos do fluxograma para um Hazop (Figura 1), mas, em vez de segmentos do processo, os nós são etapas de um procedimento, e os desvios são os erros considerados.

Um exemplo de erro que pode ser aplicado na análise de um procedimento é dado pelo conjunto da Tabela 2 (LIMA, SERRÃO, ARAÚJO, SANTOS, e SIMÕES, 2022). Para cada etapa relevante, não necessariamente todas as instruções, buscam-se causas para faltar um passo no procedimento, ou causas que levem a pular uma instrução, a executar apenas uma parte de uma etapa, ou uma instrução ser aplicada em excesso (“mais”) ou de menos, ou fora de sequência, ou ainda causas que levem à execução de alguma ação em paralelo (“também”) ou a ação correta é aplicada em outro objeto, isto é, em objeto errado.

Tabela 2 - Palavras-guia para Hazop Humano (LIMA, SERRÃO, ARAÚJO, SANTOS, e SIMÕES, 2022)

Faltante	Pular	Parte de	Mais
Outro (inverso)	Também	Fora de Sequência	Menos

Significados:

- Faltante: Um passo ou precaução está faltando no procedimento escrito (similar a “fora de sequência”, porém aqui o passo faltante não está descrito).
- Pular: A intenção específica do passo não é atendida.

- Parte de: Uma porção da intenção total do passo não é atendida. Usualmente só é aplicável a tarefas que envolvem uma ou mais ações simultâneas (“Abrir válvulas A, B e C”).
- Mais: Muito de uma intenção especificada é realizado, ou é realizado muito rápido.
- Menos: Pouco de uma intenção específica é realizado.
- Fora de sequência: Este passo é realizado antes ou depois do que necessário.
- Também: Algo acontece, ou outro usuário realiza outra ação, em adição ao passo especificado realizado corretamente.
- Outro (inverso): Dispositivo errado é operado, selecionado, lido etc., ou operado de forma diferente do pretendido no procedimento.

Assim, da mesma forma que no Hazop tradicional, para uma dada etapa do procedimento são aplicadas sistematicamente essas palavras-guia – ver a Tabela 3 –, conforme seja pertinente, identificadas possíveis causas e possíveis consequências. Salvaguardas e modos de detecção são listados, e, se necessário, recomendações podem ser feitas, seja para o ambiente de execução do procedimento (por exemplo, se se trata de instrução para partir uma bomba, pode ser necessário posicionar o painel de comando em local mais acessível), seja para a redação do procedimento (por exemplo, incluir no procedimento a ordem esperada para abrir válvulas na sucção e na descarga da bomba, além da instrução de comandar a partida propriamente dita).

Há que se notar, porém, que o Hazop (de processo) e o Hazop Humano são muito dependentes da experiência e do conhecimento dos participantes. No caso do Hazop Humano, as palavras-guia referem-se apenas a erros na execução do procedimento, não havendo referências expressas a Fatores Influenciadores de Desempenho (*Performance Shaping Factors* – PSDs), que podem aparecer ou não na coluna Causas, a depender do grupo reunido. Em metodologias como a Petro-HRA, os PSDs aparecem expressamente.

Tabela 3 – Planilha para Hazop Humano (com classificação de risco)

Título do procedimento								
Atividade	Identificação da etapa ou instrução sendo analisada							
Palavra Guia	Causas	Deteção	Consequências	Salvaguardas	Frequência	Severidade	Risco	Recomendações/ Observação
Faltante								
Pular								
Parte de								
Mais								
Menos								
Fora de Sequência								
Também								
Outro (inverso)								

O Hazop Humano é realizado em reunião de uma equipe multidisciplinar que inclua operadores do processo que executem o procedimento sendo analisado. Seguindo a versão original da técnica de Hazop, não há avaliação do risco. Porém, a tabela usada para guiar a discussão pode incluir colunas para classificar a frequência do cenário, a severidade da consequência e o risco resultante (*Tolerável*, *Moderado* ou *Não-Tolerável* – ver a Tabela 4, à guisa de exemplo hipotético).

Tabela 4 - Matriz de Tolerância a Risco (exemplo hipotético)

Frequência	E	D	C	B	A
Severidade	Remota	Muito pouco provável	Pouco provável	Provável	Muito provável
Catastrófica	Moderado	Moderado	Não-Tolerável	Não-Tolerável	Não-Tolerável
Crítica	Tolerável	Moderado	Moderado	Não-Tolerável	Não-Tolerável
Alta	Tolerável	Tolerável	Moderado	Moderado	Não-Tolerável
Média	Tolerável	Tolerável	Tolerável	Moderado	Moderado
Baixa	Tolerável	Tolerável	Tolerável	Tolerável	Moderado

Embora possa haver, conforme apresentado na Tabela 3, uma classificação de risco, no Hazop Humano (e no Hazop em geral) não há uma quantificação da frequência, mas uma categorização, conforme a tabela de risco adotada.

Existem métodos que procuram quantificar com alguma precisão as frequências das causas. Existe um custo de horas de trabalho para tanto, mas pode haver ganhos, entre outros, ao se identificar melhor onde recursos devem ser alocados para redução de risco mais eficiente.

2.2. Petro-HRA

Petro-HRA é um método de análise de confiabilidade humana que tem como objetivo analisar cada tarefa através da análise de erros humanos em conjunto dos fatores influenciadores para cada tarefa de forma sistemática em cenários de eventos na indústria do petróleo. Os resultados qualitativos dessa análise são tão importantes quanto os resultados quantitativos. O Petro-HRA constitui uma análise completa das ações humanas em situações de risco e pode ser usado para analisar os efeitos das escolhas iniciais de projeto, tais como, decisões sobre opções de projeto dependentes de vários requisitos de tempo para os envolvidos.

A meticulosidade da abordagem Petro-HRA também suporta a redução rigorosa do erro humano, o que significa que permite ao analista identificar fatores e sistemas (como a Interface Homem-Máquina, programa de treinamento ou procedimentos operacionais), que podem ser melhorados para reduzir o risco geral do sistema. A quantificação fornece um meio de priorizar iniciativas de redução de erros humanos, além de contribuir para uma avaliação de risco geral mais completa (BYE,2017).

Segundo Bye (2017), a abordagem deste método se inicia pela definição do escopo e os limites da análise modelando as etapas qualitativas e quantitativas, seguida pela coleta de dados de campo, tais como visitas, entrevistas e revisão de documentação. Na sequência as etapas deverão ser descritas e a análise de tarefas é conduzida e os possíveis erros identificados, para serem associados a tarefa, com a descrição das prováveis

consequências de cada erro, oportunidades de recuperação e descrição dos fatores de modelagem de desempenho que podem impactar na probabilidade de erro.

Com a modelagem e a quantificação, a etapa final é da redução do erro humano que deve servir de base para o desenvolvimento de iniciativas para reduzir a contribuição humana para o risco. Tais melhorias deve visar a prevenção da ocorrência de erros humanos ou mitigar suas consequências (BYE,2017).

As etapas para a elaboração do PetroHRA podem ser executadas da seguinte forma:

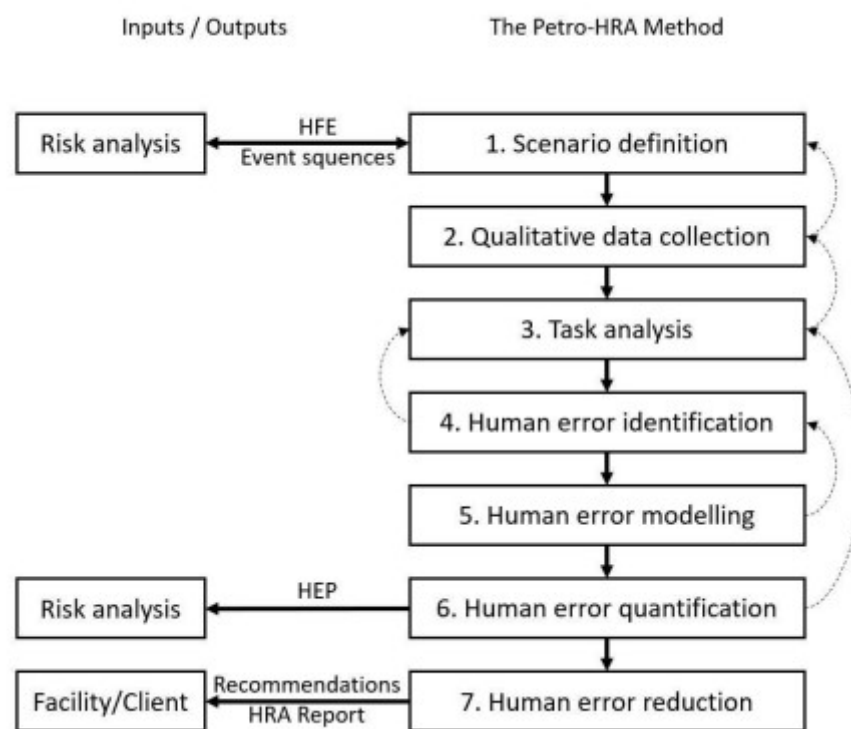


Figura 2 – Fluxograma de Execução Petro-HRA (The Petro-HRA Guideline, 2017).

2.3. Verificação de Conformidade com Procedimento - VCP

Análises de riscos e de confiabilidade humana aplicadas a procedimentos podem identificar diversos cenários em que melhorias são necessárias, e fazer recomendações que evitem que ocorram falhas na execução de etapas críticas de um procedimento.

Porém, o procedimento por si pode não ter sido bem compreendido ou ser de difícil execução, incluindo razões ergonômicas, dando margem maior a falhas. Daí a

necessidade de uma verificação de conformidade com o procedimento (VCP), antes ou após a análise de confiabilidade humana.

A VCP é realizada pelo verificador em conjunto com o executante – ou os executantes – do procedimento, onde se avalia o cumprimento pelo executante de determinado procedimento (ou de parte dele). A VCP é uma oportunidade de se verificar o entendimento do processo, da operação e da tarefa, bem como o entendimento dos riscos envolvidos. A VCP deve ainda buscar melhorias nas instalações de forma a garantir que o procedimento pode ser executado como devido (PETROBRAS, 2020).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A empresa atua no setor de óleo e gás e possui diversas unidades marítimas. A unidade em questão é um FPSO (*floating, production, storage and offloading*), no português: unidade flutuante de produção, armazenamento e transferência. A embarcação fica localizada na Bacia de Campos e conta com um POB – *people on board* – ou capacidade de pessoas a bordo, de aproximadamente 130 pessoas, distribuídas entre as áreas de produção, manutenção, marinha, hotelaria, segurança do trabalho, entre outras, trabalhando em dois turnos.

A unidade conta com um sistema fixo de CO₂ para combate a incêndio em algumas salas protegidas por esse sistema. Por ser um sistema a ser operado em momento de emergência a tendência desse tipo de sistema é ser o menos complexo para sua operacionalização. No entanto, para o combate ao incêndio eficiente, é necessário que o O₂ seja eliminado durante tal combate. Isso ocorre principalmente por fechamento de passagens de ar como por exemplo portas e *dampers* e desligamento de sistemas de ventilação das salas protegidas pelo referido sistema, assim como a liberação de CO₂ dentro destas salas. Esse conjunto de etapas torna o sistema perigoso na presença de pessoas dentro das salas uma vez que tem grande potencial para causar fatalidade por asfixia.

Para garantir uma operação segura do sistema, algumas etapas podem ser consideradas como críticas para que o sistema seja atuado com eficiência e sem

consequências de fatalidades. Dentre essas etapas que serão descritas no procedimento operacional a seguir podemos destacar:

- Todo o pessoal esteja totalmente reunido para que quando solicitado o disparo do sistema de CO₂ o OIM possa autorizar tal solicitação.
- Fechamento de aberturas, dampers e desligamento do sistema de ventilação das salas protegidas.
- Aberturas das válvulas manuais de operação do sistema.

O Procedimento Operacional analisado:

SISTEMA DE CO₂

O sistema centralizado de extinção de incêndio por CO₂ é fornecido na Praça de Máquinas, sala do Gerador de Emergência, enquanto o sistema local de extinção de incêndio por CO₂ é fornecido na sala de VFD, Eletrocentro, torre de ventilação, paiol de tintas e casa de bomba de incêndio da proa.

A liberação de CO₂ é ativada manualmente, com alarmes de pré-descarga enviados ao FGS para monitoramento.

Após o alarme de descarga confirmada de CO₂ recebido no FGS, os ventiladores e abafadores associados devem ser comandados para fechar. Consulte a causa e efeito de incêndio e gás para obter detalhes.

1. Objetivo

Esta instrução de trabalho define as tarefas para Instruir a Equipe de Resposta a Emergências sobre a partida do Sistema de CO₂ e a atuar em desvios se necessário, buscando garantir as características de qualidade especificadas exigidas e uma execução segura.

2. RESPONSABILIDADES

Cargo	Responsabilidade
Equipe de Resposta a Emergências	Ligar o sistema de CO ₂ .

3. INSTRUÇÕES

3.1. EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

EPI padrão: capacete, tampões de ouvido, óculos, luvas, macacão e botas (de acordo com o Guia de Gestão de Equipamentos de Proteção Individual).

3.2. CUIDADOS ESPECIAIS

A entrada em um compartimento no qual o dióxido de carbono foi liberado causará a morte instantaneamente;

O operador deve estar equipado com um aparelho respiratório autônomo (SCBA) e um detector de gás portátil para garantir que o nível de O₂ seja suficiente antes de realizar qualquer atividade dentro do Contêiner de Armazenamento de Cilindros de CO₂.

Antes da ativação do sistema de CO₂ em qualquer Espaço Protegido, primeiramente deve-se obter permissão concedida pelo OIM e é de a maior importância garantir que não haja pessoas no interior;

Todos precisam ser contabilizados no ponto de encontro, caso contrário, todos os Procedimentos de Resposta a Emergências da Empresa devem ser seguidos imediatamente para localizar todas as pessoas desaparecidas;

Observe que qualquer trabalho envolvendo CO₂ deve ser aprovado pelo OIM;

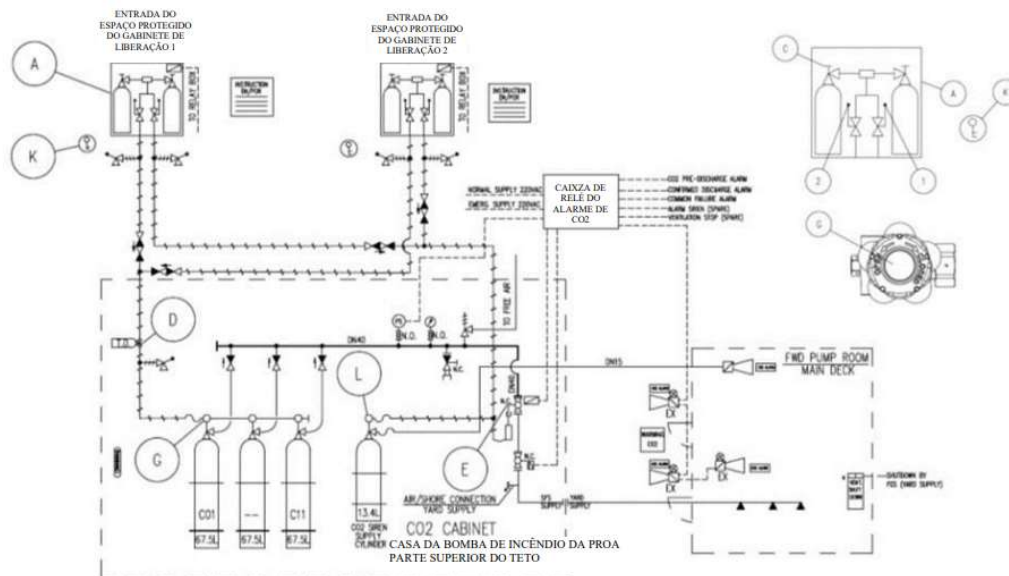
As etapas descritas abaixo são cobertas por PTW e Avaliação de Risco da Tarefa (TRA).

PRD (abafadores de alívio de pressão) para a sala de VFD, Tronco de Elevação de Carga da Praça de Máquinas, Área do Funil da Praça de Máquinas e topo da E-house são consideradas áreas restritas e devem estar livres de pessoal antes da liberação de CO₂;

Se um grupo de trabalho estiver na área do PRD, eles devem ser informados do risco de pressão e devem ser informados (por rádio ou outros meios) para evacuar a área em pré-alarme do espaço protegido por CO₂.

3.3. ETAPAS

SISTEMA DE CO₂ PARA SALA DA BOMBA DE INCÊNDIO DE PROA



Para seções 2.3.6.1 e 2.3.6.2, consulte a imagem acima.

3.3.1. Casa da Bomba de Incêndio da Proa a partir de Gabinetes Locais:

3.3.1.1. Garanta com o OIM que o **pessoal esteja totalmente reunido** e que não haja pessoas desaparecidas;

Nota: Opere o sistema somente por ordem direta do OIM.

3.3.1.2. Retire a chave da caixa (K) e abra o gabinete de liberação (A). A chave limitadora da porta do gabinete irá interromper o funcionamento do exaustor da

Casa da Bomba de Incêndio e fechará os abafadores de fogo dentro do espaço protegido;
3.3.1.3. Confirme com o CCR que a ventilação foi interrompida;
3.3.1.4. Certifique-se de que a Válvula de Bloqueio esteja aberta
3.3.1.5. Abra a válvula rosqueada (C) em um cilindro piloto;
3.3.1.6. Puxe para baixo a alavanca da válvula de esfera (1) para operar a válvula principal (E), que abrirá a linha de distribuição de CO₂ para o espaço protegido; isso também ativará o cilindro de alimentação da sirene de CO₂ (L) 13,4L, emitindo um aviso sonoro alto dentro do espaço protegido.
3.3.1.7. Abra a válvula rosqueada (C) em um cilindro piloto. Puxe para baixo a alavanca da válvula de esfera (2) para acionar as válvulas superiores dos cilindros de CO₂;
Isso pressurizará a linha piloto na unidade de atraso de tempo (D), atrasando a abertura das válvulas superiores dos cilindros de CO₂ em 30-40 seg. Após esse tempo, a unidade de atraso a jusante da Linha Piloto será pressurizada e as válvulas superiores dos frascos de CO₂ (G) serão abertas.
O sistema agora está sendo liberado no espaço protegido.
3.3.2. Liberação da Casa da Bomba de Incêndio da Proa - Operação de Emergência a partir da Caixa de CO₂
Em caso de falha de liberação do Gabinete Local, o sistema pode ser operado manualmente diretamente a partir da caixa de frascos de CO₂, conforme o procedimento abaixo:
3.3.2.1.1. Garanta com o OIM que o <u>pessoal esteja totalmente reunido</u> e que não haja pessoas desaparecidas;
<u>Nota:</u> Opere o sistema somente por ordem direta do OIM.
3.3.2.1.2. Abra manualmente a válvula principal (E), isso emitirá o alarme de CO₂;
3.3.2.1.3. Confirme com o CCR que o exaustor parou;
3.3.2.1.4. Feche manualmente todas as aberturas para a Casa da bomba de incêndio (portas, abafadores...);
3.3.2.1.5. Certifique-se de que a Válvula de Bloqueio esteja aberta
3.3.2.1.6. Abra a válvula superior no cilindro de alimentação da sirene de CO₂ (L);
3.3.2.1.7. Abra manualmente as válvulas superiores de todos os cilindros de CO₂ (G);
O sistema agora está sendo liberado no espaço protegido.

3.1 - Resultados Hazop Humano

O estudo realizado se deu através de reuniões realizadas por videoconferência (plataforma virtual Teams) entre os dias 01/12/2022 e 20/12/2022. Durante o Hazop Humano foram analisadas duas atividades, são elas: Item 3.3.1.1 – “Garanta com o OIM que o pessoal esteja totalmente reunido e que não haja pessoas desaparecidas” e o Item 3.3.1.7 ““Abra a válvula rosqueada (C) em um cilindro piloto. Puxe para baixo a alavanca da válvula de esfera (2) para acionar as válvulas superiores dos cilindros de CO₂”, de acordo com o procedimento de CO₂ da unidade.

O HAZOP foi executado de acordo com as seguintes premissas:

- A Matriz de Risco utilizada é a da norma pública N-2782 da Petrobrás – Matriz de Tolerabilidade de Riscos. Essa matriz apresenta cinco categorias para frequência e severidade.
- Foi acordado entre os integrantes que a frequência mínima utilizada seria “D” – durante a vida útil da instalação, pelo menos uma falha irá ocorrer.
- A análise de frequência e severidade foram realizadas levando em consideração as salvaguardas da unidade. Quanto mais salvaguardas, menor a probabilidade de ocorrência (frequência) e a severidade da consequência.
- Foi levado em consideração o relato de somente um funcionário da unidade e não de uma equipe multidisciplinar atuante da unidade.

Tabela 5 - Hazop Humano – Atividades 3.3.1.1

Hazop Humano								
Sistema de CO2								
Atividade	Item 3.3.1.1 - "Garanta com o OIM que o pessoal esteja totalmente reunido e que não haja pessoas desaparecidas"							
Palavra Guia	Causa	Detecção	Consequências	Salvaguardas e Métodos de Detecção	Frequência	Severidade	Risco	Recomendações/Observações
Faltante	Item de verificação da contagem de pessoas referenciado em outro procedimento	-	Falha da contagem	Treinamento teórico; simulados	B	Crítica	Moderado	R1.: Avaliar a possibilidade de instalação de sistema de cartão T automatizado.
Pular	Falha de Comunicação; Nervosismo; Falta de Treinamento	Quadro de cartão T	Realização do acionamento do sistema sem garantia da totalização do POB; fatalidade	Treinamento teórico; Simulados; Aparelhos de respiração autônomo; Time delay	A	Catastrófica	Moderado	R1.: Avaliar a possibilidade de instalação de sistema de cartão T automatizado.
Parte de	N/A							
Mais	Demora na contagem do OIM	-	Agravamento do cenário de incêndio	Não	D	Marginal	Moderado	R1.: Avaliar a possibilidade de instalação de sistema de cartão T automatizado.
Menos	N/A							

Hazop Humano								
Sistema de CO ₂								
Atividade	Item 3.3.1.1 - "Garanta com o OIM que o pessoal esteja totalmente reunido e que não haja pessoas desaparecidas"							
Palavra Guia	Causa	Deteccção	Consequências	Salvaguardas e Métodos de Deteccção	Frequência	Severidade	Risco	Recomendações/Observação
Fora de Sequência	Falha de Comunicação; Nervosismo; Falta de Treinamento	Quadro de cartão T	Realização do acionamento do sistema sem garantia da totalização do POB; fatalidade	Treinamento teórico; Simulados; Aparelhos de respiração autônomo; Time delay	A	Catastrófica	Moderado	R2.: Avaliar a possibilidade de implementação de um sistema para incluir o número de POB antes de acionar o sistema.
Também	N/A							
Outro (inverso)	Falha de Comunicação; Nervosismo; Falta de Treinamento	Quadro de cartão T	Realização do acionamento do sistema sem garantia da totalização do POB; fatalidade	Treinamento teórico; Simulados; Aparelhos de respiração autônomo; Time delay	B	Crítica	Moderado	R2.: Avaliar a possibilidade de implementação de um sistema para incluir o número de POB antes de acionar o sistema.

Fonte: Os Autores (2023)

Tabela 6 - Hazop Humano – Atividades 3.3.1.7

Hazop Humano								
Sistema de CO ₂								
Atividade	Item 3.3.1.7 - "Abra a válvula rosqueada (C) em um cilindro piloto. Puxe para baixo a alavanca da válvula de esfera (2) para acionar as válvulas superiores dos cilindros de CO ₂ ;"							
Palavra Guia	Causa	Deteção	Consequências	Salvaguardas e Métodos de Deteção	Frequência	Severidade	Risco	Recomendações/Observação
Faltante	-	-	-	-				
Pular	Nervosismo; Falta de Treinamento	Alarme sonoro (ausência)	Não acionamento do sistema; Agravamento do cenário de incêndio	Treinamento teórico; simulados; sinalização de abertura individual das válvulas	A	Desprezível	Tolerável	-
Parte de	Realizar o item 3.3.1.7 e não realizar o item 3.3.1.6 "Puxe para baixo a alavanca da válvula de esfera (1) para operar a válvula principal (E), que abrirá a linha de	Alarme sonoro (ausência)	Não acionamento do sistema; Agravamento do cenário de incêndio	Treinamento teórico; simulados; sinalização de abertura individual das válvulas	A	Desprezível	Tolerável	-

Hazop Humano								
Sistema de CO ₂								
Atividade	Item 3.3.1.7 - "Abra a válvula rosqueada (C) em um cilindro piloto. Puxe para baixo a alavanca da válvula de esfera (2) para acionar as válvulas superiores dos cilindros de CO ₂ ;"							
Palavra Guia	Causa	Deteção	Consequências	Salvaguardas e Métodos de Deteção	Frequência	Severidade	Risco	Recomendações/Observação
Fora de Sequência	Nervosismo; Falta de Treinamento	-	Realização do acionamento do sistema.	-	C	Desprezível	Tolerável	Obs.: Caso seja realizado com a sequência invertida, o sistema irá operar da mesma forma.
Também	Realizar o item 3.3.2. Liberação da Casa da Bomba de Incêndio da Proa - Operação de Emergência a partir da Caixa de CO ₂ , devido a: Falha de Comunicação; Nervosismo; Falta de Treinamento	Sim, painel do CCR sinaliza 2 aberturas de caixa em locais distintos.	-	Treinamento teórico; Simulados; Comunicação com OIM.	A	Desprezível	Tolerável	-

Hazop Humano								
Sistema de CO ₂								
Atividade	Item 3.3.1.7 - "Abra a válvula rosqueada (C) em um cilindro piloto. Puxe para baixo a alavanca da válvula de esfera (2) para acionar as válvulas superiores dos cilindros de CO ₂ ;"							
Palavra Guia	Causa	Deteção	Consequências	Salvaguardas e Métodos de Deteção	Frequência	Severidade	Risco	Recomendações/Observação
Outro (inverso)	-	-	-	Sistema poka yoke	-			Obs.: Não é possível movimentar a válvula, se não da maneira correta;

Nas duas atividades foram encontrados riscos 5 riscos Moderados e 4 Toleráveis. Apesar de ter sido estabelecido que somente as classificações “Não Toleráveis” seriam compostas de recomendações, a equipe realizou duas recomendações e uma observação:

R1.: Avaliar a possibilidade de instalação de sistema de cartão T automatizado.

R2.: Avaliar a possibilidade de implementação de um sistema para incluir o número de POB antes de acionar o sistema.

Obs.: Caso seja realizado com a sequência invertida, o sistema irá operar da mesma forma.

3.2 - Resultados PetroHRA

O estudo de caso realizado se deu através de reuniões realizadas por videoconferência (plataforma virtual Teams) entre os dias 26/12/2022 e 10/01/2023. Durante o PetroHRA foram analisadas duas atividades, são elas: Item 3.3.1.1 – “Garanta com o OIM que o pessoal esteja totalmente reunido e que não haja pessoas desaparecidas” e o Item 3.3.1.7 ““Abra a válvula rosqueada (C) em um cilindro piloto. Puxe para baixo a alavanca da válvula de esfera (2) para acionar as válvulas superiores dos cilindros de CO₂”, de acordo com o procedimento de CO₂ da unidade.

Essas etapas foram consideradas atividades críticas durante esta análise uma vez que no caso dos itens 3.3.1.1 do procedimento analisado não seja executada com sucesso poderá existir a possibilidade de fatalidade caso algum profissional esteja ainda dentro da sala protegida pelo sistema de CO₂ a ser acionado. Já no item 3.3.1.7, a criticidade desta etapa se dá uma vez que as etapas anteriores tenham tido sucesso em suas execuções e não seja acionadas as válvulas adequadamente o evento poderá ser escalonado podendo ter potencial de ocorrência de feridos ou de fatalidades.

Para o cálculo do PetroHRA foi utilizada a planilha do módulo de Fatores Humanos, e, a partir da tabela de resumo dos Fatores Influenciadores de Desempenho (PSFs), a equipe selecionou os valores mais apropriados para cada um dos fatores com base em justificativas argumentadas durante a análise. Os fatores de desempenho analisados foram:

- Tempo;
- Estresse;

- Complexidade da tarefa;
- Experiência / Treinamento;
- Procedimentos;
- Interface Homem-Máquina;
- Atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão;
- Trabalho em equipe;
- Ambiente Físico de trabalho.

Desta forma para cada uma das atividades selecionadas foi possível obter os seguintes resultados conforme apresentados a seguir:

- Tempo: A probabilidade do erro humano em decorrência da diferença entre o tempo requerido para a função e o tempo disponível.
- Estresse: Situações que podem causar estresse de ameaça são situações em que a vida do(s) operador(es) ou de outras pessoas possa estar em perigo.
- Complexidade da Tarefa: Refere-se a quão difícil é a tarefa de executar em um determinado contexto. Mais tarefas complexas têm uma chance maior de erro humano.
- Experiência/Treinamento: Experiência é definida como quantas vezes no passado o(s) operador(es) experimentou(m) as tarefas ou cenário em questão. O treinamento é definido como uma atividade sistemática realizada para ser capaz de promover a aquisição de conhecimentos e habilidades para estar preparado para e fazer a tarefa ou cenário em questão (definição baseada em Salas, Tannenbaum, Kraiger, & Smith-Jentsch, 2012).
- Procedimentos: O quão claro e preciso o procedimento é.
- Interface Homem-Máquina; A Interface Homem-Máquina (IHM) PSF refere-se à qualidade dos equipamentos, controles, hardware, software, layout do monitor e layout da estação de trabalho física onde o operador/tripulação recebe informações e executa tarefas
- Atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão: Consistem em dois fatores relacionados que foram encontrados para prever resultados de segurança em estudos de cultura de segurança. os dois fatores são: 1) Atitudes em relação à segurança e conduta no trabalho; 2) Apoio à gestão.

- Trabalho em equipe: Uma equipe nesta análise deve ser definida como todos os envolvidos na(s) tarefa(s) ou cenário.
- Ambiente físico de trabalho: Ambiente físico de trabalho refere-se ao equipamento usado, acessibilidade e condições de trabalho condições da pessoa que executa a tarefa.

Tabela 7 - Tabela Resumo do PSFs do Petro-HRA – Subtarefa 3.3.1.1

Tabela de resumo dos PSFs de Petro-HRA			
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	Item 3.3.1.1 - "Garanta com o OIM que o pessoal esteja totalmente reunido e que não haja pessoas desaparecidas"		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicador	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
<i>Tempo disponível</i>	<i>Efeito negativo extremamente alto no desempenho</i>	HEP=1	Pessoal passa por treinamento teórico e prático em procedimento padronizado, com reciclagem frequente nas simulações de emergência.
	<i>Efeito negativo muito alto no desempenho</i>	50	
	<i>Efeito negativo moderado no desempenho</i>	10	
	<i>Efeito nominal no desempenho</i>	1	
	<i>Efeito positivo moderado no desempenho</i>	0.1	
	<i>Não aplicável</i>	1	
<i>Estresse de ameaça</i>	<i>Efeito negativo muito alto no desempenho</i>	25	Pessoal passa por treinamento teórico e prático em procedimento padronizado, com reciclagem frequente nas simulações de emergência. Porém existe o stress relativo ao fogo detectado.
	<i>Efeito negativo baixo no desempenho</i>	5	
	<i>Efeito negativo muito alto no desempenho</i>	2	
	<i>Efeito nominal no desempenho</i>	1	
	<i>Não aplicável</i>	1	

Tabela de resumo dos PSFs de Petro-HRA

<i>Complexidade de tarefa</i>	<i>Efeito negativo muito alto no desempenho</i>	50	Moderadamente positiva porque o procedimento para contagem baseia-se em ações simples (ir para pontos de encontro conhecidos) e em quadro com cartões "T", a informação é obtida visualmente e de forma imediata.
	<i>Efeito negativo moderado no desempenho</i>	10	
	<i>Efeito negativo muito baixo no desempenho</i>	2	
	<i>Efeito nominal no desempenho</i>	1	
	<i>Efeito positivo moderado no desempenho</i>	0.1	
	<i>Não aplicável</i>	1	
<i>Experiência/Treinamento</i>	<i>Efeito negativo extremamente alto no desempenho</i>	HEP=1	Pessoal passa por treinamento teórico e prático em procedimento padronizado, com reciclagem frequente nas simulações de emergência.
	<i>Efeito negativo muito alto no desempenho</i>	50	
	<i>Efeito negativo moderado no desempenho</i>	15	
	<i>Efeito negativo baixo no desempenho</i>	5	
	<i>Efeito nominal no desempenho</i>	1	
	<i>Efeito positivo moderado no desempenho</i>	0.1	
	<i>Não aplicável</i>	1	

Tabela de resumo dos PSFs de Petro-HRA

<i>Procedimentos</i>	<i>Efeito negativo muito alto no desempenho</i>	50	O multiplicador foi avaliado considerando o procedimento do Sistema de CO ₂ , onde identificam-se alguma dificuldade de interpretação devido à redação e à estruturação.
	<i>Efeito negativo alto no desempenho</i>	20	
	<i>Efeito negativo baixo no desempenho</i>	5	
	<i>Efeito nominal no desempenho</i>	1	
	<i>Efeito negativo extremamente alto no desempenho</i>	0.5	
	<i>Não aplicável</i>	1	
<i>Interface Homem-Máquina (HMI)</i>	<i>Efeito negativo extremamente alto no desempenho</i>	HEP=1	Não se aplica nessa etapa.
	<i>Efeito negativo muito alto no desempenho</i>	50	
	<i>Efeito negativo moderado no desempenho</i>	10	
	<i>Efeito nominal no desempenho</i>	1	
	<i>Efeito positivo baixo no desempenho</i>	0.5	
	<i>Não aplicável</i>	1	
<i>Atitudes em relação à Segurança, Trabalho e Apoio à Gestão</i>	<i>Efeito negativo muito alto no desempenho</i>	50	Existe cultura de segurança disseminada e com suporte da gerência, mas existem lacunas a serem preenchidas.
	<i>Efeito negativo moderado no desempenho</i>	10	

Tabela de resumo dos PSFs de Petro-HRA

	<i>Efeito nominal no desempenho</i>	1	
	<i>Efeito positivo baixo no desempenho</i>	0.5	
	<i>Não aplicável</i>	1	
<i>Trabalho em equipe</i>	<i>Efeito negativo muito alto no desempenho</i>	50	Equipes são pequenas, coesas, bem entrosadas, além de bem treinadas.
	<i>Efeito negativo moderado no desempenho</i>	10	
	<i>Efeito negativo muito baixo no desempenho</i>	2	
	<i>Efeito nominal no desempenho</i>	1	
	<i>Efeito positivo baixo no desempenho</i>	0.5	
	<i>Não aplicável</i>	1	
<i>Ambiente físico de trabalho</i>	<i>Efeito negativo extremamente alto no desempenho</i>	HEP=1	Sem restrições quanto ao ambiente físico.
	<i>Efeito negativo moderado no desempenho</i>	10	
	<i>Efeito nominal no desempenho</i>	1	
	<i>Não aplicável</i>	1	
	Multiplicador:	0.125	
	HEP_nominal*multiplicador	0.125%	

Tabela 8 -Tabela Resumo do PSFs do Petro-HRA – Subtarefa 3.3.1.7

Tabela de resumo dos PSFs de Petro-HRA			
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	SUBTAREFA 3.3.1.7 - Abra a válvula rosqueada (C) em um cilindro piloto. Puxe para baixo a alavanca da válvula de esfera (2) para acionar as válvulas superiores dos cilindros de CO ₂ ;		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	Níveis PSF	Multiplicador	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
<i>Tempo disponível</i>	<i>Efeito negativo extremamente alto no desempenho</i>	HEP=1	Pessoal passa por treinamento teórico e prático em procedimento padronizado, com reciclagem frequente nas simulações de emergência.
	<i>Efeito negativo muito alto no desempenho</i>	50	
	<i>Efeito negativo moderado no desempenho</i>	10	
	<i>Efeito nominal no desempenho</i>	1	
	<i>Efeito positivo moderado no desempenho</i>	0.1	
	<i>Não aplicável</i>	1	
<i>Estresse de ameaça</i>	<i>Efeito negativo muito alto no desempenho</i>	25	Pessoal passa por treinamento teórico e prático em procedimento padronizado, com reciclagem frequente nas simulações de emergência. Porém existe o stress relativo ao fogo detectado.
	<i>Efeito negativo baixo no desempenho</i>	5	
	<i>Efeito negativo muito alto no desempenho</i>	2	
	<i>Efeito nominal no desempenho</i>	1	
	<i>Não aplicável</i>	1	
<i>Complexidade de tarefa</i>	<i>Efeito negativo muito alto no desempenho</i>	50	Moderadamente positiva porque o procedimento para contagem baseia-se em ações simples (ir para pontos de encontro conhecidos) e em quadro com cartões "T", a informação é obtida visualmente e de forma imediata.
	<i>Efeito negativo moderado no desempenho</i>	10	

Tabela de resumo dos PSFs de Petro-HRA

	<i>Efeito negativo muito baixo no desempenho</i>	2	
	<i>Efeito nominal no desempenho</i>	1	
	<i>Efeito positivo moderado no desempenho</i>	0.1	
	<i>Não aplicável</i>	1	
<i>Experiência/Treinamento</i>	<i>Efeito negativo extremamente alto no desempenho</i>	HEP=1	Pessoal passa por treinamento teórico e prático em procedimento padronizado, com reciclagem frequente nas simulações de emergência.
	<i>Efeito negativo muito alto no desempenho</i>	50	
	<i>Efeito negativo moderado no desempenho</i>	15	
	<i>Efeito negativo baixo no desempenho</i>	5	
	<i>Efeito nominal no desempenho</i>	1	
	<i>Efeito positivo moderado no desempenho</i>	0.1	
	<i>Não aplicável</i>	1	
<i>Procedimentos</i>	<i>Efeito negativo muito alto no desempenho</i>	50	O multiplicador foi avaliado considerando o procedimento do Sistema de CO ₂ , onde identificam-se alguma dificuldade de interpretação devido à redação e à estruturação.
	<i>Efeito negativo alto no desempenho</i>	20	
	<i>Efeito negativo baixo no desempenho</i>	5	
	<i>Efeito nominal no desempenho</i>	1	

Tabela de resumo dos PSFs de Petro-HRA

	<i>Efeito negativo extremamente alto no desempenho</i>	0.5	
	<i>Não aplicável</i>	1	
<i>Interface Homem-Máquina (HMI)</i>	<i>Efeito negativo extremamente alto no desempenho</i>	HEP=1	Não se aplica nessa etapa.
	<i>Efeito negativo muito alto no desempenho</i>	50	
	<i>Efeito negativo moderado no desempenho</i>	10	
	<i>Efeito nominal no desempenho</i>	1	
	<i>Efeito positivo baixo no desempenho</i>	0.5	
	<i>Não aplicável</i>	1	
<i>Atitudes em relação à Segurança, Trabalho e Apoio à Gestão</i>	<i>Efeito negativo muito alto no desempenho</i>	50	Existe cultura de segurança disseminada e com suporte da gerência, mas existem lacunas a serem preenchidas.
	<i>Efeito negativo moderado no desempenho</i>	10	
	<i>Efeito nominal no desempenho</i>	1	
	<i>Efeito positivo baixo no desempenho</i>	0.5	
	<i>Não aplicável</i>	1	
<i>Trabalho em equipe</i>	<i>Efeito negativo muito alto no desempenho</i>	50	Equipes são pequenas, coesas, bem entrosadas, além de bem treinadas.
	<i>Efeito negativo moderado no desempenho</i>	10	
	<i>Efeito negativo muito baixo no desempenho</i>	2	

Tabela de resumo dos PSFs de Petro-HRA

	<i>Efeito nominal no desempenho</i>	1	
	<i>Efeito positivo baixo no desempenho</i>	0.5	
	<i>Não aplicável</i>	1	
<i>Ambiente físico de trabalho</i>	<i>Efeito negativo extremamente alto no desempenho</i>	HEP=1	Sem restrições quanto ao ambiente físico.
	<i>Efeito negativo moderado no desempenho</i>	10	
	<i>Efeito nominal no desempenho</i>	1	
	<i>Não aplicável</i>	1	
	Multiplicador:	0.125	
	HEP_nominal*multiplicador	0.125%	

Os resultados obtidos tanto pela atividade 3.3.1.1 quanto pela atividade 3.3.1.7 possuem um valor de 0,125% que pode ser relacionado tanto a existência de treinamentos, simulações, e a presença de equipe experiente quanto atividades de baixa complexibilidade para acionamento da operacionalização do sistema diminuindo a possibilidade de erros humanos durante o acionamento.

3.2 – Discussão de resultados

Por ser uma ferramenta amplamente conhecida o Hazop quando associado ao tema sobre fatores humanos com o uso do Hazop Humano pode auxiliar na introdução ao tema dentro de equipes que ainda não possuem um desenvolvimento maduro com relação a esse tema. O Hazop Humano permitiu identificar de forma qualitativa atividades que foram consideradas como críticas pela equipe. A partir desta análise pode ter uma percepção de como essas atividades críticas podiam influenciar durante a realização do procedimento.

É importante ressaltar que somente o Hazop Humano não é uma metodologia determinante para o desenvolvimento de um estudo de Fatores Humanos, isto porque para realização de uma análise completa é necessária a avaliação da influência dos fatores influenciadores de desempenho, algo que o HAZOP Humano não traz de forma sistemática, apenas sistematiza os tipos de erros humanos.

O uso do Petro-HRA, apesar de ser menos disseminado nas indústrias quando comparado ao uso do Hazop, apresenta resultados mais robustos através da engenharia de fatores humanos, uma vez que ao longo do desenvolvimento de projetos de equipamentos e sistemas críticos de segurança considera as interações com os seres humanos, suas capacidades e características físicas e cognitivas bem com da análise de confiabilidade humana, que estabelece metodologia para avaliar de forma sistemática os fatores influenciadores de desempenho na condução de tarefas críticas e procedimentos críticos de segurança.

Ainda assim para uma primeira análise o uso do Hazop Humano pode ser utilizado como ferramenta de decisão de tarefas críticas, compreendendo suas causas, consequência, salvaguardas, detecção e através da análise qualitativa relacionar os resultados obtidos no estudo de Hazop Humano com os resultados obtidos a partir do Petro-HRA para que análise possa ficar ainda mais robusta compreendendo os cenários de uma forma mais completa.

Além disso, o Hazop Humano poderia ser utilizado para capacitação e treinamento das equipes com relação ao tema sobre fatores humanos, uma vez que já tem maturidade com relação a metodologia de Hazop. É importante destacar que deve ser realizada uma

análise dos fatores influenciados de desempenho. Com o amadurecimento das discussões e das equipes, um segundo passo necessariamente teria que ser desenvolvido em direção a metodologias a respeito de engenharia humana e análise de confiabilidade humana, que neste estudo de caso foram desenvolvidas através do uso do Petro-HRA.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho procurou analisar uma metodologia associada aos fatores humanos (HAZOP humano) e uma metodologia de confiabilidade humana (PetroHRA) e na complementariedade entre os métodos e a sua validade. Com isso, entende-se que uma técnica não pode substituir a outra e apenas uma análise associada a uma das técnicas pode ser deficiente ou incompleta. Isso porque o Hazop Humano nos permitiu identificar de forma qualitativa as atividades que foram consideradas como críticas pela equipe no desempenho da tarefa. A partir desta análise pode-se ter uma percepção de como essas atividades críticas podiam influenciar durante a realização do procedimento. Em contrapartida, a metodologia do Petro-HRA nos permite analisar os fatores influenciadores sistematizados. A meticulosidade da abordagem do Petro-HRA também suporta a redução rigorosa do erro humano, o que permite ao analista identificar fatores e sistemas (Programa de treinamento ou procedimentos operacionais) que podem ser melhorados para reduzir o risco geral do sistema.

AGRADECIMENTOS

O Grupo agradece à professora Caroline de Moraes e à professora Gilliani de Miranda pelos comentários e explicações, e também à professora Marta Cristina Picardo pela paciente orientação durante todo o curso.

REFERÊNCIAS

LIMA, Allan B.M. de; SERRÃO, Diego de O.; ARAÚJO, Ederaldo P. de; SANTOS, Henrique P.D.; SIMÕES, Tatiana G. *Análise do risco em procedimento crítico de partida de unidade marítima de petróleo sob a ótica de fatores humanos*. Trabalho de Conclusão de Curso, SENAI-CETIQT, 2022.

CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY (CCPS). *Guidelines for hazard evaluation procedures*. Wiley, 2008.

TELLES, Guilherme Naegeli da Silva. Curso *Análise Qualitativa de Riscos e Segurança Inerente* – material de aula. Fev-2022.

ALVES, José Luiz Lopes; e Moraes, Marilda Schiller de. *Treinamento da Metodologia Human Hazop*. Apostila de treinamento. São Paulo, dezembro de 2012.

BYE, Andreas et al. The petro-HRA guideline. 2017.

MORAIS, C. et al. Identification of human errors and influencing factors: A machine learning approach. *Safety Science*, nr.146 (<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105528>) 2022.

RIBEIRO, A. *Quantificação do impacto de fatores humanos e organizacionais em probabilidades de falha humana usadas em análise probabilística de segurança*. Tese de Doutorado. Orientador: Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo. UFRJ, Março de 2012.

HSE (n.d). Core topic 3: Identifying human failures. Verfügbar unter: <http://www.hse.gov.uk/humanfactors/comah/core3.pdf> [01.10.2007].

The Institute of Petroleum (2003). *Human Factors Briefing Notes No 8: Ergonomics*.

HSE HSG48 2nd edition (1999). *Reducing error and influencing behaviour*.

KARIUKI, S.G., e LÖWE, K. Integrating human factors into process hazard analysis. **Reliability Engineering & System Safety**, nr. 92, p.1764-1773 (doi:10.1016/j.ress.2007.01.002) 2007.

BYE, Andreas et al. Petro-HRA, a new method for human reliability analysis in the petroleum industry. In: **Proceedings of the International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management (PSAM 13) 2-7 October, 2016, Seoul, Korea**. 2016.

CORREA, Cármen Regina Pereira; CARDOSO JUNIOR, Moacyr Machado. Análise e classificação dos fatores humanos nos acidentes industriais. **Production**, v. 17, p. 186-198, 2007.

ELLIS, Graeme R.; HOLT, Andrew. A practical application of human-hazop for critical procedures. In: **Hazards XXI Symposium Series**. 2009. p. 434-439.

OHSAS, BRITISH STANDARD. 18001: 2007. **Occupational health and safety management systems**, 2007.

FAHLBRUCH, B. *Integrating Human Factors in Safety and Reliability Approaches*. **4th European-American Workshop on Reliability of NDE**. 2009.

PETROBRAS, Padrões de Verificação de Procedimentos, 2020.

The Petro-HRA Guideline, 2017.