

Pós-Graduação Segurança de Processos



ANÁLISE DE CONFIABILIDADE HUMANA EM TAREFA CRÍTICA DE PROCEDIMENTO OPERACIONAL DE RESPOSTA À EMERGÊNCIA DE VAZAMENTO DE GÁS DE UM FPSO

Felipe Sant'Ana, Giulia Rinaldi, Matheus M. R. Pena, Muara Cristian

RESUMO

O presente trabalho examina o Relatório de Investigação de Acidente com o FPSO Cidade de São Mateus publicado pela ANP e realiza a análise de confiabilidade pelo método PetroHRA em uma tarefa crítica de segurança do Procedimento Operacional de Resposta à Emergência de Vazamento de Gás: “Monitorar e ventilar, sem entrar no recinto”, que é uma das etapas da resposta a emergência do FPSO de Cidade de São Mateus que resultou em falha e contribuiu para o acidente. Como parte do método PetroHRA, a análise de confiabilidade considerou a identificação dos fatores influenciadores que contribuíram para probabilidade de falha humana. Ao final, diante do resultado de probabilidade de falha humana obtidos com a análise, foram propostas ações que visam a redução dessa probabilidade. Também foi utilizado o método NASA-TLX para avaliar a carga de trabalho da equipe de resposta à emergência. Os fatores de performance resultantes da ACH (Petro-HRA) e NASA-TLX que mais contribuíram para o erro humano foram tempo disponível, experiência e treinamento, Procedimento e Atitudes em relação à segurança.

Palavras-chave: *confiabilidade humana; probabilidade de falha humana; petrohra; emergência; FPSO.*

ABSTRACT

The present work examines the Accident Investigation Report with the FPSO Cidade de São Mateus published by the ANP and performs a reliability analysis by the PetroHRA method in a critical safety task of the Operational Procedure of Response to the Emergency of Gas Leakage: “Monitor and ventilate, without entering the enclosure”, which is one of the emergency response stages of the Cidade de São Mateus FPSO that failed and contributed to the accident. As part of the PetroHRA method, the reliability analysis considered the identification of influencing factors that presented a probability of human error. In the end, given the result of the probability of human error obtained with the analysis, actions were proposed aimed at reducing this probability. The NASA-TLX method was also used to assess the workload of the emergency response team. The performance factors resulting from the ACH (Petro-HRA) and NASA-TLX that most contributed to human error were available time, experience and training, Procedure and Attitudes towards safety.

Keywords: *human reliability; probability of human error; petrohra; emergency; FPSO.*

SUMÁRIO

1. Introdução.....	3
2. Desenvolvimento	8
2.1. Procedimento Crítico	8
2.2. Análise Hierárquica da Tarefa	11
2.3. Método Petro HRA	12
2.4. Fatores Humanos	15
2.5. Análise da Efetividade das Propostas de Redução do Erro	22
2.6. Método NASA-TLX	24
3. Metodologia	27
3.1. Aplicação do método NASA TLX.....	28
4. Resultados e Discussões.....	31
4.1 Análise de Confiabilidade Humana.....	31
4.1.1 Propostas para Redução do Erro	36
4.2 NASA TLX	44
5 Conclusão.....	47
6 Referências.....	49
7 Anexos.....	52



1. Introdução

A segurança de processos se baseia no gerenciamento dos perigos relacionados aos processos industriais que possuem materiais perigosos e sistemas com riscos associados. Ela é definida por Khan et al. (2015) como a linguagem global comum usada para comunicar as estratégias de identificação e análise de perigos, avaliação de riscos, medidas de segurança e tomada de decisão crítica.

A importância da segurança de processos tem sido amplamente reconhecida pela indústria e agências reguladoras que destacam seu papel importante na prevenção de acidentes de grandes proporções. Na história mundial, ocorreram muitos acidentes relacionados à segurança de processos que tiveram impactos significativos sobre pessoas, incluindo trabalhadores e comunidades, meio ambiente, propriedades e reputação das empresas. Um acidente de grandes consequências foi o *Deepwater Horizon* no Golfo do México em 2010. O acidente foi em uma plataforma de perfuração onde ocorreu uma explosão, causando 11 fatalidades e um grande derramamento de óleo que durou 87 dias e liberou cerca de 4,9 milhões de barris de petróleo no oceano (BP, 2010).

No Brasil, ocorreram dois acidentes maiores envolvendo rompimento de barragens de rejeitos de minérios, um acidente ocorrido em 2015, em Mariana/MG e o outro em 2019, em Brumadinho/MG. Ambos os acidentes liberaram rejeitos de mineração que atingiram cidades, levaram a fatalidades e impactaram a flora e a fauna dos locais dos acidentes (FABRÍCIO et al., 2021). Esses exemplos ilustram a importância do gerenciamento de segurança de processo e as possíveis consequências de não gerenciar adequadamente os riscos associados a materiais perigosos e fontes de energia em processos industriais.

No Brasil, a explosão do navio-plataforma FPSO Cidade São Mateus, no norte do Espírito Santo é um dos mais recentes eventos relacionados à acidente de processos com grande impacto para o setor de petróleo e gás já registradas em território brasileiro. O acidente com a embarcação operada pela norueguesa BW Offshore, terceirizada da Petrobras, deixou 9 mortos e 26 feridos, em 11 de fevereiro de 2015 e motivou a paralisação da produção dos campos de Camarupim e Camarupim Norte, que até o presente momento (Agosto/2023) não voltaram a produzir.

Durante a investigação do acidente a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2015), por meio do seu órgão de Superintendência de Segurança Operacional e Meio Ambiente (SSM) elaborou um relatório que contempla diversas informações referentes não somente ao acidente, mas também de eventos anteriores, desde seu comissionamento. Além disso, realizou uma análise dos fatores que levaram a ocorrência ou agravamento do acidente. Para o acidente do FPSO Cidade de São Mateus, a Figura 1 representa a sequência de fatores causais identificados durante a investigação do acidente.

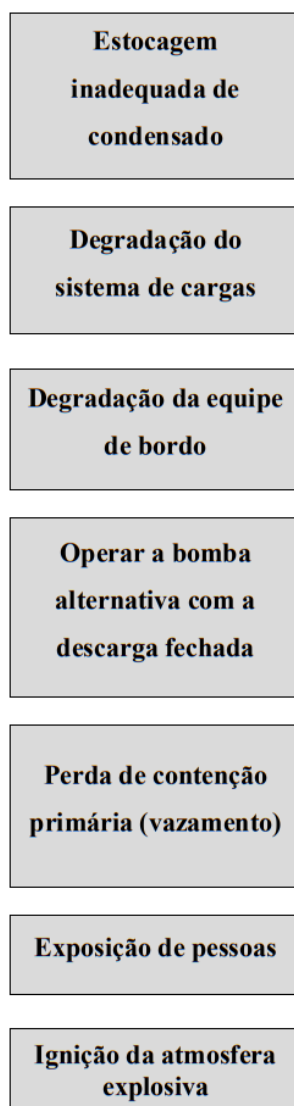


Figura 1 – Fatores causais do acidente ocorrido na FPSO Cidade de São Mateus.

Fonte: ANP, 2015

Dentre os fatores causais apresentados na investigação do acidente, muitos apresentam causas raízes relacionadas ao comportamento humano na prevenção,

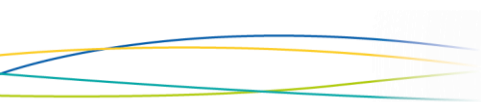


mitigação ou tratamento do evento. O presente trabalho estuda a confiabilidade humana através da avaliação dos fatores influenciadores do comportamento, aplicado ao fator causal “Exposição de pessoas”. Segundo o relatório da ANP (2015) dentre as causas raízes relacionadas com esse fator foi indicado que as instruções para a resposta às emergências não eram claras, a exposição de pessoas fora da brigada de emergência foi elevada e até mesmo a exposição das pessoas da brigada de emergência foi feita de maneira inadequada pela falta de recursos de resposta não disponíveis.

A confiabilidade humana pode ser definida como a probabilidade de que um sistema, que requer ações, tarefas ou trabalhos humanos, opere com sucesso, dentro de um intervalo de tempo; adicionada à probabilidade de que nenhuma ação humana seja desempenhada em detrimento à confiabilidade e disponibilidade desse sistema (HOLLNAGEL, 2009).

Assim, a análise de confiabilidade humana investiga a execução das ações humanas em um sistema, considerando os aspectos que influenciam no seu desempenho. Por definição, confiabilidade humana pode ser compreendida como a probabilidade de que um sistema que requer ações, tarefas ou trabalhos humanos seja completado com sucesso dentro de um período requerido, assim como a probabilidade que nenhuma ação humana estranha seja desempenhada em detrimento à confiabilidade e disponibilidade do sistema (HOLLNAGEL apud MAIDA, 1996).

O desenvolvimento da análise de confiabilidade humana (ACH) permite analisar os fatores humanos e erros humanos associados à uma operação industrial. Dessa forma, é possível complementar normas desenvolvidas na Engenharia de Fatores Humanos, através da resposta do impacto negativo da ação humana na segurança de um processo. A análise de confiabilidade humana envolve o uso de métodos qualitativos e quantitativos para avaliar a contribuição do fator humano em um risco. Como mencionado anteriormente, a análise quantitativa da confiabilidade humana se orienta a quantificação da falha humana, particularmente ao erro humano. Essas técnicas visam identificar a probabilidade de erro humano através de modelagem e análises dos fatores influenciadores de performance, que são tipicamente suportados por análises qualitativas. Existem diversos métodos disponíveis para análise de confiabilidade humana, alguns possuem aplicação indicada a processos específicos (Bell & Holroyd, 2009):



- O HEART (Human error assessment and reduction technique) adota uma lista de 9 tarefas genéricas. Assim, o analista por julgamento próprio relaciona a tarefa analisada com as tarefas genéricas adotando o nível desejado pela análise dos fatores influenciadores de performance. Como as tarefas são genéricas, esse modelo é amplamente utilizado em diferentes setores e operações.
- O método THERP (Technique for human error rate prediction) possui uma grande base de dados para erros específicos. O analista compara isso com a tarefa executada e o modo de erro específico, e então, utiliza métodos como por exemplo árvore de falhas para realizar a combinação do modelo e obter a taxa de falha esperada. O THERP também permite a avaliação da dependência entre erros. Esse método foi desenvolvido para indústrias de energia nuclear entre os anos de 1960 e 1970.
- O método SPAR-H (Standardised plant analysis risk-human reliability analysis) foi desenvolvido também para a indústria nuclear nos anos 2000 a partir de elementos presentes no método THERP.
- O método Petro-HRA foi adaptado do método SPAR-H, para que os fatores influenciadores de performance fossem mais alinhados com a indústria de óleo e gás. Portanto, é o método que foi adotado neste trabalho.

S.G. Hart e L.R. Staveland (1988), do Centro de Pesquisa Ames da NASA, desenvolveram um método para análise de Carga de Trabalho, o NASA Task Load Index, mais conhecido como NASA-TLX. O método surgiu da necessidade de avaliar a carga de trabalho a que os pilotos de aviação e astronautas estavam expostos, em decorrência do avanço tecnológico e crescente complexidade das tarefas por eles executadas, e o quanto esses fatores afetavam o desempenho durante a execução destas atividades. Os pesquisadores concluíram que era importante avaliar o quanto as demandas mentais, físicas, temporais, de performance, entre outros elementos exigidos ao executar uma tarefa poderiam contribuir na carga mental de trabalho. (Cardoso et.al, 2012; Cardoso, 2010)



De acordo com seus desenvolvedores, o método é uma ferramenta de valoração multidimensional que fornece uma pontuação global para a carga de trabalho, a qual é obtida a partir da média ponderada das pontuações de seis elementos: Demanda mental, Demanda física, Demanda temporal, Esforço, Performance e Frustração. (Manual Hart).

Segundo Cardoso et. al (2012), o Nasa TLX foi validado após ser testado em uma grande variedade de tarefas experimentais que foram desde simulados de voos até o controle supervisionado em laboratórios de tarefas. Para Hart (2006), nos últimos 20 anos desde a sua criação, o método tem sido amplamente utilizado em diversos setores para além da sua aplicação original (aviação) por se apresentar como uma ferramenta confiável e de fácil aplicação.

Assim, este trabalho tem como objetivo geral realizar análise de confiabilidade humana (HRA) utilizando o método Petro-HRA para avaliar a influência dos fatores humanos nas tarefas críticas relacionadas às causas raízes do acidente do FPSO São Mateus, utilizando um procedimento operacional de emergência de FPSO similar ao Cidade de São Mateus, ou seja, com processo de produção de óleo e gás semelhantes. Com o objetivo de avaliar se os resultados alcançados com o Petro HRA para a pontuação dos fatores influenciadores de desempenho são similares às visões dos operadores que executam o procedimento, será aplicada a ferramenta de análise de carga mental, Nasa TLX.



2. Desenvolvimento

2.1. Procedimento Crítico

O procedimento crítico a ser avaliado neste trabalho através do método Petro HRA é o Procedimento Operacional de Resposta à Emergência de Vazamento de Gás, de um FPSO similar, por indisponibilidade de acesso ao procedimento específico do FPSO de Cidade de São Mateus.

O procedimento, conforme apresentado na Figura 2, descreve a resposta que deve ser tomada a partir da identificação de um cenário de emergência de vazamento de gás, abordando todas as etapas de tomadas de decisão e qual função é responsável pela respectiva tomada de decisão.

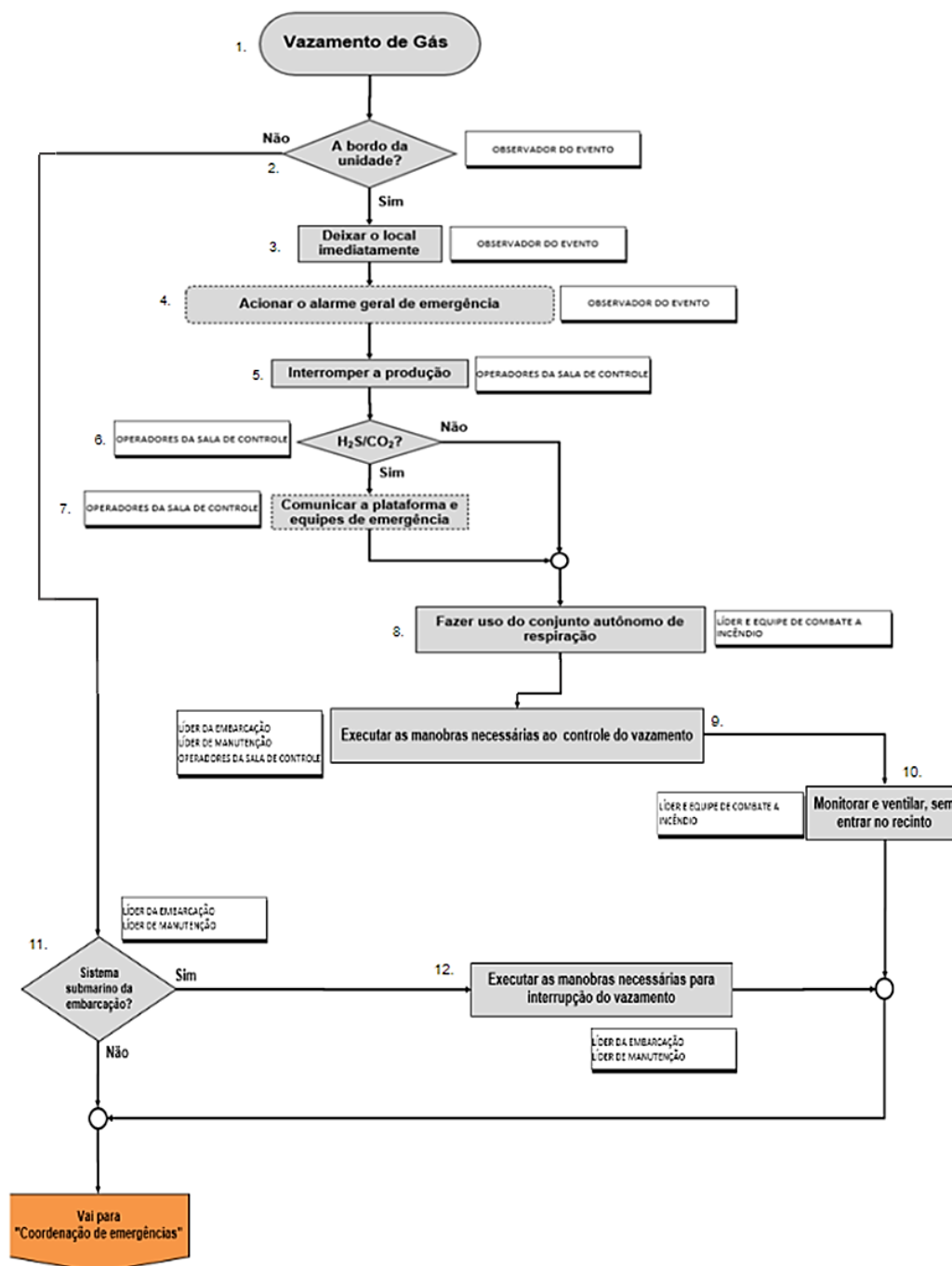


Figura 2 – Fluxograma do Procedimento Operacional de Resposta à Emergência de Vazamento de Gás de um FPSO similar ao FPSO Cidade de São Mateus.

Fonte: Autor

Nele estão detalhadas ainda cada uma das etapas de tomada de decisão, como por exemplo:

Etapa 1) Vazão descontrolada de gás a partir de qualquer sistema (fechado, aberto e confinado). Atuação dos detectores de gás; detecção visual, auditiva ou olfativa.



Etapa 2) Vazamento de gás a bordo da unidade marítima.

Etapa 3) Caminhando pelas rotas de fuga. Observar direção do vento, evitando atmosfera contaminada.

Etapa 4) Alarme sonoro intermitente com atuação automática ou manual.

Etapa 5) ESD-3 para emergência na geração principal de energia elétrica e para os demais processos. O acionamento é feito pela sala de controle ou nas botoeiras na sala de controle, sendo necessário apenas se não ocorrer automaticamente.

Etapa 6) Verificar pelo painel de controle se o vazamento envolve contaminação do gás.

Etapa 7) Emitir aviso à plataforma informando o cenário o local de emergência e a necessidade de uso da máscara de fuga para H₂S.

Etapa 8) Conforme a demanda de atuação, usar somente para se aproximar da área contaminada, após avaliação dos riscos na etapa de mobilização.

Etapa 9) Bloquear as válvulas que eventualmente estejam alimentando o vazamento de gás, isolando e despressurizando os equipamentos na sua área de atuação, após avaliação dos riscos na etapa de mobilização.

A tarefa crítica de segurança selecionada para ser analisada pelo Petro HRA neste estudo é referente à etapa 10 do Procedimento Operacional de Resposta à Emergência de Vazamento de Gás: “Monitorar e ventilar, sem entrar no recinto”, uma vez que descreve uma das etapas do procedimento do FPSO de Cidade de São Mateus que resultou em falha e contribuiu para o acidente. O resumo da análise da tarefa crítica de segurança do procedimento abordado nesse trabalho possui a seguinte descrição:

Etapa 10) Abrindo cuidadosamente as portas, após constatação do desligamento de todas as cargas elétricas e inexistência de fontes de ignição no local. No caso de casa de bombas, conforme definido no procedimento:

- Manter o sistema de ventilação operando.
- Não permitir a entrada de qualquer profissional em atmosfera inflamável.
- O acesso somente será permitido quando as leituras retornarem para patamar igual ou inferior a 1% do LII/LIE (Limite Inferior de Inflamabilidade/ Limite Inferior de



Explosividade) em todos os sensores fixos da casa de bombas e nas leituras com detector portátil.

- Avaliar o risco de fontes de ignição e cargas eletrostáticas bem como não permitir o uso de materiais e ferramentas que introduzam estes riscos.
- Realizar o monitoramento permanente da atmosfera em termos de concentração de gases inflamáveis e tóxicos para tomada de decisão.
- Os riscos avaliados para esta etapa do procedimento, bem como para as subtarefas dizem respeito às medidas de segurança a serem adotadas após gás confirmado em casa de bombas.

2.2. Análise Hierárquica da Tarefa

Durante a etapa de representação no método Petro-HRA, a análise hierárquica da tarefa deve ser realizada. Dessa forma, o time de analistas representa de forma clara e estrutura todas as tarefas envolvidas naquele cenário. As tarefas são descritas em detalhes e desdobradas em subtarefas, se necessário, para melhor entendimento das atividades realizadas.

A análise da árvore de falhas é um método de investigação de acidentes que busca a identificação das causas do acidente e resulta no desenvolvimento de estratégias e recomendações para prevenir sua recorrência. A árvore de falhas (Figura 3) consiste na divisão de um cenário de acidente em eventos menores para identificar as principais falhas e fatores contribuintes que levaram ao acidente. Uma das suas maiores vantagens é ela ser eficaz para acidentes e sistemas complexos e resultar na diferenciação dos eventos básicos dos eventos intermediários que contribuíram para o acidente (AHN et al., 2022). Os principais resultados de uma análise de árvore de falhas são: identificação das causas raiz de um acidente ou falha do sistema, identificação dos componentes ou subsistemas mais críticos e avaliação da eficácia das barreiras de prevenção ou mitigação de acidentes.



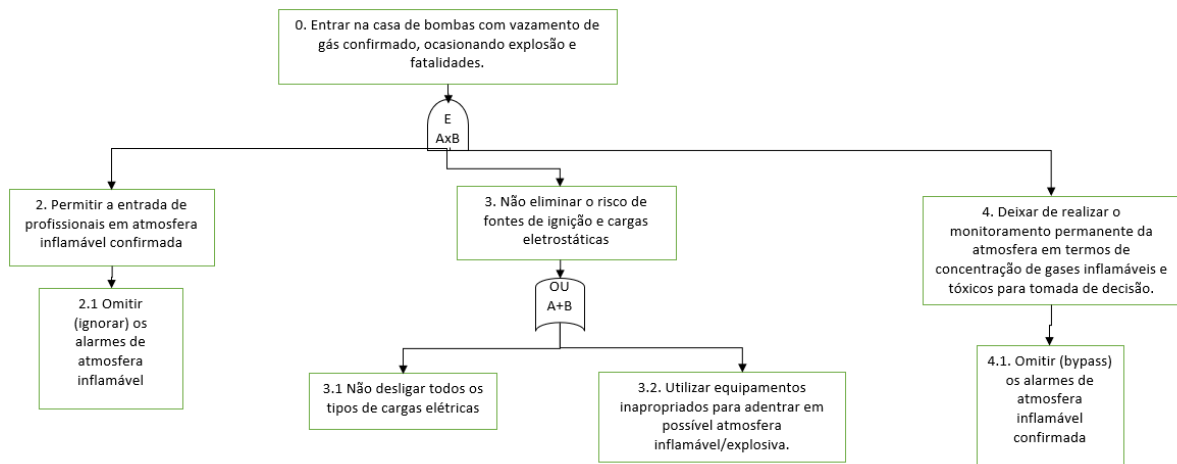


Figura 3 – Árvore de falhas para o cenário de vazamento de gás na FPSO Cidade de São Mateus.

2.3. Método Petro HRA

Esta metodologia de análise de confiabilidade humana é uma adaptação do SPAR-HRA (*Standardized Plant Analysis Risk-Human Reliability Analysis*), que foi originalmente desenvolvido para aplicações nucleares (Morais, 2021). O método Petro-HRA é um dos métodos desenvolvidos e principalmente aplicado à indústria de óleo e gás. Esta metodologia de confiabilidade humana é utilizada para avaliação da probabilidade de falhas humanas em cenários com ocorrências em curso, ou seja, para avaliação da probabilidade de falha humana em resposta a um evento já inicializado (Bye et al., 2017).

No método Petro-HRA existem duas classificações para as atividades humanas, as tarefas de ação e as de decisão. Apesar da sua origem, o método Petro-HRA se difere do SPAR-HRA nos valores de probabilidade básica de erro humano cognitivo (decisão) e probabilidade do erro de execução (ação). O Petro-HRA quantifica as duas probabilidades com o mesmo valor de 0,01 (Morais, 2021).

De acordo com Bye et al. (2017) o método Petro-HRA consiste das seguintes etapas apresentadas abaixo na Figura 4:



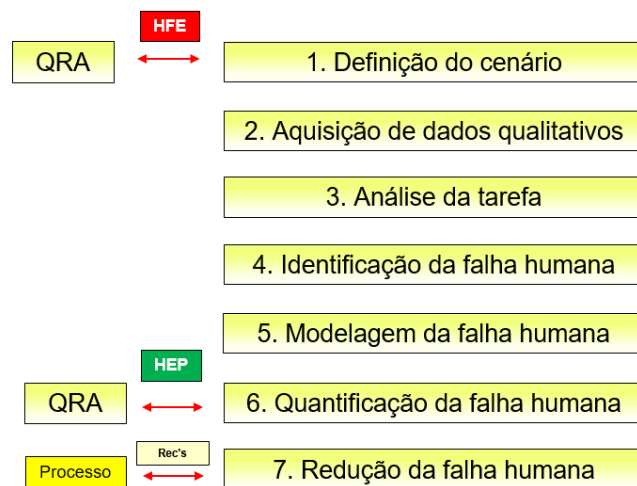


Figura 4 – Etapas método Petro-HRA

Fonte: Adaptado, Bye et al. (2017)

No passo 1, definição do cenário, é realizada a delimitação do escopo e fronteiras da estudo e indica as subseqüentes análises quantitativas ou qualitativas. Nesta etapa, o modelo de análise quantitativa de risco é revisado para entendimento do contexto da análise de confiabilidade humana dentro da análise de risco geral e sistema para gerenciamento das barreiras. Além da descrição detalhada do cenário, é esperado um entendimento detalhado das tarefas executadas pelo operador durante o evento.

A aquisição de dados qualitativos corresponde a coleta de informações através de visita as plantas, entrevistas e discussões com operadores e revisão de documentações. Assim, é possível obter uma descrição detalhada das tarefas que inclui informações sobre os fatores que podem influenciar, positivamente ou negativamente, na performance humana da tarefa e no resultado do cenário.

Os passos adotados pela operação na realização da tarefa compreendem a etapa 3, análise da tarefa. Neste ponto, é importante organizar as informações obtidas na etapa anterior para que seja possível ser realizada de forma detalhada e sistemática a análise da confiabilidade humana.

O objetivo da identificação da falha humana é evidenciar erros potenciais relacionados às ações ou tarefas no cenário estudado, além disso deve-se descrever as prováveis consequências de cada erro, identificar oportunidades de recuperação e identificar os fatores influenciadores de performance que podem impactar na



probabilidade de erro. Essa etapa deve ser desenvolvida de forma conjunta com a análise das tarefas.

As atividades humanas de interesse na análise de confiabilidade, não ocorrem, geralmente, de maneira isolada. O passo 5, modelagem da falha humana, tem o foco em modelar as atividades de modo que fique clara as interações entre erros, etapas das tarefas, fatores influenciadores de performance com a análise quantitativa de confiabilidade.

No passo 6, quantificação do erro humano, cada tarefa é classificada com um valor nominal baseado nos fatores influenciadores de performance, é importante avaliar se o valor de probabilidade do erro humano é factível ou não, e também evitar o “double counting”.

Por fim, a redução da falha humana, é composta por uma série de iniciativas e recomendações para redução da contribuição humana ao risco do cenário. Essas ações podem prevenir ou mitigar as consequências da falha humana.

A falha humana é avaliada através de uma análise de um evento de falha humana (*HFE – Human Failure Event*), um evento básico que representa a falha de um componente, sistema ou função que humanos estão envolvidos. Uma das principais funções de uma análise de confiabilidade humana é promover valores para uma análise quantitativa de riscos na forma de probabilidade de erro humano (*HEP – Human Error Probability*) nos cenários de falha humana. Os erros humanos podem ser classificados em diferentes tipos: ação, comunicação, verificação, aquisição, seleção e decisão.

A Figura 5 apresenta as possíveis classificações para o erro humano segundo o método Petro HRA.



Erros de Ação	Erros de Verificação (checking)	Pág 46 – Petro-HRA
A1 - Operação muito longa/muito curta	V1 – Verificação omitida	Erros de decisão
A2 - Operação em momento errado	V2 – Verificação incompleta	
A3 - Operação na direção errada	V3 – Verificação certa em objeto errado	
A4 - Operação com muita ou pouca força	V4 – Verificação errada em objeto certo	
A5 – Desalinhada	V5 – Verificação no momento errado	
A6 - Operação correta no objeto errado	V6 – Verificação errada no objeto errado	
A7 - Operação errada no objeto certo	Erro de aquisição	D1 – Decisão correta baseada em informação errada / ausente
A8 - Operação omitida	R1- Informação não obtida	D2 – Decisão incorreta baseada em informação certa
A9 - Operação incompleta	R2- Informação errada obtida	D3 – Decisão incorreta baseada em informação errada / ausente
A10 - Operação errada no objeto errado	R3- Informação incompleta	
Erros de comunicação de informação	Erro de seleção	D4 – Falha em tomar uma decisão (empasse)
I1- Informação não comunicada	S1 – Seleção omitida	
I2- Informação errada comunicada	S2 – Seleção errada feita	
I3- Comunicação de informação incompleta		

Figura 5 – Classificações do erro humano de acordo com o método Petro HRA

Fonte: (Morais, 2021)

Dentro do método Petro-HRA são analisados os seguintes fatores influenciadores de performance: tempo, estresse, complexidade da tarefa, experiência, procedimentos, interface humana-máquina, atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão, trabalho em equipe e ambiente físico de trabalho.

2.4. Fatores Humanos

Pode-se definir os fatores humanos como os aspectos individuais, tecnológicos e organizacionais, incluindo ambiente de trabalho, que influenciam o comportamento humano na execução de atribuições de uma forma que possa afetar a segurança operacional.

A prática de fatores humanos deve estar atrelada à garantia de que as atividades humanas sejam conduzidas de forma segura, a partir da identificação de tarefas e procedimentos críticos de segurança operacional. Note-se que a “tarefa crítica” é um conceito utilizado na indústria de alto risco. A análise de tarefas críticas



de segurança operacional significa estudar o que a força de trabalho deve executar, em termos de ações ou processos cognitivos, para atingir o objetivo de um sistema, incluindo a avaliação das interações humana-máquina (Energy Institute, 2020).

Os resultados de investigações de grandes acidentes em diversos sistemas industriais de alta tecnologia indicam a contribuição de erros humanos para o desencadeamento desses eventos indesejáveis e que tais erros são, em geral, provocados por fatores influenciadores de desempenho, os quais podem ser organizacionais, tecnológicos ou inerentes a um indivíduo (Morais et al, 2019). Os Fatores Influenciadores de Desempenho (ou de Performance), conhecidos em inglês por *performance shaping factors* (PSF) e *performance influencing factors* (PIF), são características do trabalho, do indivíduo e da organização que influenciam o desempenho humano. Como exemplo, citam-se: competências da força de trabalho, tempo de descanso, carga de trabalho, sistema de comunicação e processo decisório, ergonomia, layout de sistemas e equipamentos e ambiente de trabalho no qual a força de trabalho exerce suas tarefas. São os fatores que influenciam a probabilidade de erro humano, ou seja, a probabilidade de haver sequência de ações ou omissões que não alcancem o resultado pretendido, gerando consequências observáveis.

O detentor de direitos de exploração e produção (E&P) deve estabelecer uma metodologia para conduzir análises de confiabilidade humana, especialmente para execução de tarefas e procedimentos críticos de segurança operacional. Essas abordagens devem ser realizadas não apenas no projeto como preparação para o início da operação, mas são práticas aplicáveis durante todo o ciclo de vida, especialmente quando houver mudanças organizacionais, individuais ou tecnológicas, que influenciem a probabilidade de erro humano. Além disso, é fundamental que os operadores estabeleçam diretrizes para consideração dos fatores humanos em projetos de engenharia executados durante todo o ciclo de vida, identificando os padrões, códigos, normas e outras melhores práticas da indústria aplicáveis.

Engenharia de Fatores Humanos é uma terminologia empregada para se referenciar à aplicação do conhecimento dos fatores humanos no desenvolvimento de projeto de engenharia e construção de sistemas sociotécnicos, a fim de que tais sistemas sejam projetados de forma a otimizar a contribuição humana para a produção e minimizar o potencial de riscos induzidos pelo projeto à segurança operacional. O conceito de *human factors engineering* (HFE), inclui os processos de



triagem de fatores humanos, a identificação das competências da equipe que integrará fatores humanos ao projeto e a avaliação da necessidade de análise de confiabilidade humana.

Segundo ANP (2015), no caso da explosão do FPSO Cidade de São Mateus, constata-se a influência dos fatores humanos no processo decisório durante a emergência, quando a autoridade da instalação offshore (OIM – *offshore installation manager*) passou a ocupar a função de comando do incidente. O OIM não ignorou totalmente os princípios de segurança durante a emergência, tendo adotado medidas preventivas racionais antes de enviar a equipe de resposta a emergências à casa de bombas (local principal da emergência), porém tomou decisão de expor um grupo maior do que o necessário em ambiente não plenamente controlado. Tal decisão foi tomada em contexto organizacional em que o OIM considerou seus objetivos intrínsecos e imediatos da sua função, seus treinamentos para resolver problemas complexos não rotineiros, informações específicas da situação, concluindo que a probabilidade de uma explosão seria extremamente baixa, durante sua rápida revisão mental. Em que pese não ser possível afirmar que outro indivíduo tomaria decisões distintas naquelas condições específicas da emergência e naquele ambiente organizacional, existem ferramentas possíveis de se analisar a transição abrupta da carga de trabalho (*workload transition*) de forma que o detentor de direitos de E&P possa planejar tais situações de mudança repentina de operação normal para um cenário não rotineiro que demande alta carga mental e física, a fim de aprimorar a tomada de decisão, em especial nas situações de emergência.

A carga de trabalho também é um aspecto fundamental a ser considerado no dimensionamento de um efetivo mínimo para operação segura. Este objetivo pode ser alcançado por meio da análise de confiabilidade humana para a proposição de medidas que reduzam a probabilidade de erro humano e aprimorem o desempenho da força de trabalho. A Tabela 1 apresenta a descrição dos níveis presentes na tabela resumo dos fatores influenciadores de desempenho e a Figura 6 apresenta a tabela resumo para a quantificação dos fatores influenciadores de desempenho segundo o método Petro HRA..



Tabela 1: Descrição dos níveis presentes na tabela resumo dos fatores influenciadores de desempenho

Níveis	Multiplicadores	Significado dos multiplicadores
Efeito negativo extremamente alto no desempenho	HEP =1	O fracasso é certo. Todos os operadores falharão na tarefa. É suficiente que um PSF tenha esse valor para que o HEP da tarefa seja 1.
Efeito negativo muito alto no desempenho	50	50 de 100 falharão. Haverá muitas falhas se todas as equipes / operadores experimentarem esta tarefa.
Alto efeito negativo no desempenho	20-25	20-25 de 100 falharão nesta tarefa. Um quarto dos operadores falhará na tarefa
Efeito negativo moderado no desempenho	10-15	10-15 de 100 falharão na tarefa. Haverá falhas ocasionais na tarefa.
Baixo efeito negativo no desempenho	5	5 de 100 falharão na tarefa. Haverá poucas falhas ocasionais na tarefa.
Efeito negativo muito baixo no desempenho	2	2 de 100 falharão na tarefa. Haverá muito poucas falhas ocasionais na tarefa.



Efeito nominal no desempenho	1	1 em 100 falhará. O nível de dificuldade é bastante baixo e haveria muito poucas falhas se todas as equipes / operadores experimentassem esta tarefa.
Baixo efeito positivo no desempenho	0,5	5 de 1000 falharão. A falha na tarefa é muito improvável.
Efeito positivo moderado no desempenho	0,1	1 em 1000 falhará. É quase inconcebível que qualquer tripulação / operador falhe na execução da tarefa.

Fonte: Institute for Energy Technology, 2022; Moraes, 2021.



Tabela resumo dos fatores influenciadores de Petro-HRA			
Instalação			
Data			
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)			
Cenário do evento de falha humana			
Analistas			
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)			
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicador	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Threat stress	High negative	25	
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Experience/training	Extremely high negative	HEP=1	
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
Procedures	Very high negative	50	
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Human-machine interface (HMI)	Extremely high negative	HEP=1	
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Attitudes to Safety, Work and Management Support	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Teamwork	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Physical working environment	Extremely high negative	HEP=1	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	

Figura 6 – Tabela Resumo dos Fatores Influenciadores de Petro HRA.

Fonte: Moraes, 2021

O cálculo da probabilidade de erro humano (HEP = *Human Error Probability*), considerando os fatores influenciadores de desempenho, deve seguir a seguinte equação no método Petro HRA:



$$\begin{aligned}
 HEP = & \text{Nominal HEP} \times [\text{Nível } PSF_{\text{Tempo}} \times \text{Nível } PSF_{\text{Estresse}} \\
 & \times \text{Nível } PSF_{\text{Complexidade da Tarefa}} \times \text{Nível } PSF_{\text{Experiência}} \times \text{Nível } PSF_{\text{Procedimento}} \\
 & \times \text{Nível } PSF_{\text{interface HM}} \times \text{Nível } PSF_{\text{atitude de segurança}} \times \text{Nível } PSF_{\text{trabalho em equipe}} \\
 & \times \text{Nível } PSF_{\text{ambiente físico}}]
 \end{aligned}$$

Equação 1

Onde:

HEP = Probabilidade de Erro Humano para determinada tarefa

Nominal HEP = 0,01

Nível PSF = Cada fator influenciador de desempenho (PSF) possui vários níveis com multiplicadores correspondentes, conforme demonstrado na Figura 6.

A HEP é um dado que fornece informações sobre a probabilidade de o executante da tarefa falhar na ação ou etapa da tarefa realizada. No método Petro HRA, a probabilidade de erro humano nominal é 0,01 (Nominal HEP), deste modo, se todas as classificações de PSF's forem consideradas no nível nominal (=1), a probabilidade de erro humano da tarefa será igual a 0,01. Caso contrário, a probabilidade de erro humano (HEP) = 0,01 x multiplicador de tempo x multiplicador de estresse x multiplicador de complexidade de tarefa x multiplicador de experiência / treinamento x multiplicador de procedimentos x multiplicador de interface homem-máquina x multiplicador de atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão x multiplicador de trabalho em equipe x físico multiplicador de ambiente de trabalho. Se um (ou mais) PSF's tem o valor "HEP = 1" (e não apenas como "1"), então o HEP de toda a tarefa deverá ser definido como 1, independentemente de quaisquer outros multiplicadores para os outros PSF's. Nesse caso, este PSF é considerado um forte direcionador de desempenho e a tarefa certamente falhará. Caso seja encontrado valor de HEP muito baixo ou HEP maior que 1, este valor deverá ser ajustado. Para HEP maior que 1, a probabilidade de falha deve ser definida como 1 e nos casos de HEP menor que 10^{-5} , considerar a probabilidade de erro humano para a tarefa como sendo 10^{-5} (Morais, 2021).

A Interpretação do resultado da probabilidade do erro humano segue a seguinte equação:



$$HEP = \frac{N^{\circ} \text{ de Erros Observados}}{N^{\circ} \text{ de oportunidades para erro}} \quad \text{Equação 2}$$

Deste modo, verifica-se que para um determinado número de vezes que uma tarefa será realizada (oportunidades para erro), serão observadas determinadas quantidades de erros (nº de erros observados) (Morais, 2021).

De acordo com o método Petro HRA (Institute for Energy Technology, 2022), as tarefas cuja probabilidade de erro humano (HEP) apresentarem valores menores que 0,01 não necessitariam de ações de melhoria dos PSF's para redução do risco. As tarefas cujo HEP se encontram com valores entre 0,02 e 0,9 (marcadas em amarelo na árvore de falhas) requerem ações para melhoria da tarefa. Já para as tarefas cujo HEP seja igual a 1, entende-se que apresentam riscos inaceitáveis e precisam de mudanças dos fatores que levaram a esse patamar (marcadas em vermelho) (Morais, 2021).

Em suma, com base nos critérios do Petro HRA, as tarefas do procedimento não podem apresentar valores de HEP superior a 10^{-2} e o valor total HEP do procedimento não pode ultrapassar de 10^{-3} .

2.5. Análise da Efetividade das Propostas de Redução do Erro

Para garantir a efetividade das propostas de redução de risco, é imprescindível seguir a hierarquia de controle de barreiras, a qual estabelece uma sequência de níveis de controle e efetividade da prevenção dos riscos associados a um perigo. Os quatro tipos de hierarquia de barreiras são: eliminação, substituição, controles de engenharia, controles administrativos e equipamentos de proteção individual, apresentados em ordem dos mais eficazes aos menos eficazes (OSHA, 2023). Neste estudo, será dada prioridade à identificação de controles de engenharia e controles administrativos com o objetivo de prevenir as falhas humanas previamente identificadas devido à sua maior efetividade na mitigação dos riscos envolvidos e com o objetivo de prevenir as falhas humanas previamente identificadas.

As falhas humanas podem ser classificadas em diferentes tipologias. De acordo com o CCPS (2019), existem quatro tipologias distintas de falhas humanas:



- 1) Deslizes: são falhas relacionadas à execução inadequada de ações planejadas. Eles ocorrem quando há uma interrupção no curso esperado da tarefa, resultando em consequências indesejadas. Por exemplo, um operador pode digitar um número incorreto em um painel de controle, mesmo tendo a intenção de inserir o número correto.
- 2) Lapsos: caracterizam-se como falhas de memória que levam a omissões ou à repetição incorreta de uma sequência de ações planejadas. Esses erros são comuns durante a realização de tarefas automatizadas ou rotineiras, quando a atenção é desviada para outros elementos distintos da tarefa em questão.
- 3) Erros: representam falhas humanas que ocorrem quando o plano ou estratégia utilizada falha em alcançar o resultado esperado devido à inadequação da abordagem à situação ou à falta de um plano adequado para uma situação inédita.
- 4) Violações: caracterizam-se por situações em que operadores deliberadamente e intencionalmente desobedecem a regras e procedimentos organizacionais. Isso pode ocorrer devido a procedimentos desatualizados, práticas impraticáveis ou percepção de pouco valor nas normas estabelecidas.

Para cada uma dessas tipologias, o Energy Institute (2020) mapeou medidas de segurança que são eficazes para cada categoria de falha humana, que podem ser observadas no Quadro 1, onde (✓) representa medidas de segurança com forte potencial de melhoria e (*) representa as medidas com possível potencial de melhoria.

Quadro 1 - Mapeamento de medidas de segurança eficazes a partir da classificação da falha humana.

Medidas – Melhorias em:	Deslizes	Lapsos	Erros	Não conformidades (violações)
Design de controle/display	✓	✓	✓	✓
Design de equipamento/ferramenta	✓			✓
Auxiliares de memória		✓		
Treinamento			✓	✓
Design de trabalho	✓	✓		✓
Procedimentos	*	✓	✓	✓
Supervisão	*	*	✓	✓
Redução das distrações	✓	✓	✓	



Medidas – Melhorias em:	Deslizes	Lapsos	Erros	Não conformidades (violações)
Ambiente	✓	✓	✓	✓
Comunicações	*	*	✓	✓
Auxiliares de decisão			✓	
Segurança comportamental			✓	✓

Fonte: Energy Institute, 2020.

2.6. Método NASA-TLX

O método Nasa TLX possibilita uma análise detalhada da carga de trabalho, identificando os fatores que mais contribuem para a sua geração. Segundo Cardoso et al. (2012), três das seis dimensões do Nasa TLX, referem-se às demandas (exigências) que a tarefa impõe ao seu executante (Mental, Física e Demanda temporal), as demais dimensões referem-se à interação executante-tarefa (Esforço, Frustração e Realização), ou seja, como o realizador da tarefa se sente ao realizá-la.

O Quadro 2 descreve as seis dimensões que classificam a medida Nasa TLX.

Quadro 2 - Dimensões do Nasa TLX

Dimensões	Definições
Mental	Quantidade da atividade mental e perceptiva que a tarefa necessita (pensar, decidir, calcular, lembrar, olhar, procurar etc.)
Física	Quantidade de atividade física que a tarefa necessita (puxar, empurrar, girar, deslizar etc.)
Temporal	Nível de pressão temporal sentida. Razão entre o tempo necessário e o disponível.
Performance/Desempenho	Até que ponto o indivíduo se sente satisfeito com performance e o nível de rendimento e desempenho no trabalho.
Esforço	Grau de esforço mental e físico que o sujeito tem que realizar para obter seu nível de rendimento.



Dimensões	Definições
Nível de Frustração	Até que ponto o sujeito se sente inseguro, estressado, irritado, descontente etc., durante a realização da atividade

Fonte: Hart, 1984.

A aplicação da ferramenta se dá em duas fases: pontuação e ponderação. Na fase de pontuação, o participante pontua a carga de trabalho, em uma escala de 0 a 100, em relação a cada um dos seis fatores. Cada fator possui uma escala dividida em intervalos de 5 unidades e é limitada nos extremos por descritores como alto/baixo, o que possibilita uma avaliação mais precisa (Betiol, 2004). A Figura 7 apresenta a escala de pontuação a ser atribuída para cada dimensão da carga mental da Nasa TLX.

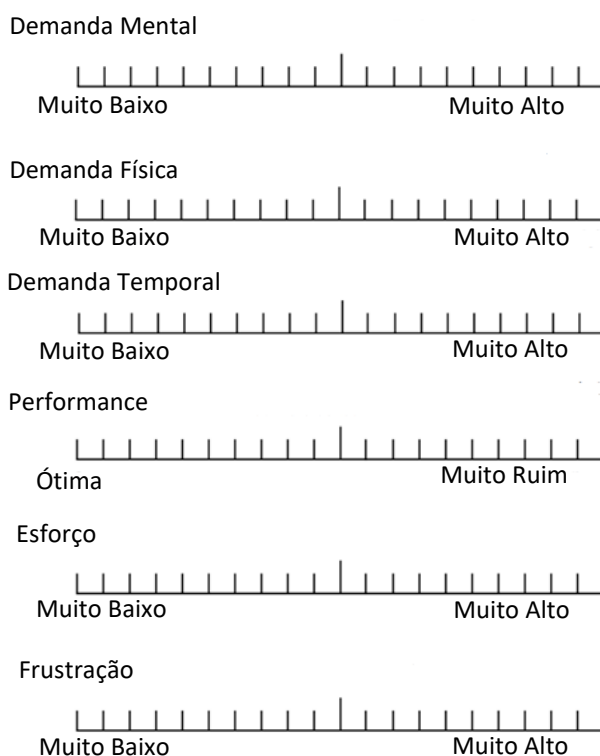


Figura 7 – Escala de pontuação para cada dimensão do método Nasa TLX

Fonte: Adaptado Hart, 2006

Na fase de ponderação são apresentadas quinze comparações binárias dos seis fatores, para os quais o participante deve selecionar, entre cada par, aquele que ele considera como maior fonte de carga. Baseando-se no número de vezes que cada



fator é selecionado (de 0 a 5), tem-se o peso para cada um deles, onde peso zero significa que o fator não apareceu nenhuma vez, e, portanto, pode ser considerado irrelevante, até peso cinco, o que significa que o fator foi selecionado todas as vezes e, portanto, é considerado a fonte de carga mais importante ou contribuinte (Betiol, 2004). A Figura 8 apresenta as quinze comparações binárias das seis dimensões do Nasa TLX.

Desta forma, conta-se o número de seleções de cada fator e obtém-se, por exemplo DM (Demanda Mental) = 4 (onde DM foi selecionada em quatro comparações), DF (Demanda Física) = 0, DT (Demanda Temporal) = 4, DP (Demanda Performance) = 1, Fr (Nível de Frustração) = 3, E (Nível de Esforço) = 3 (totalizando 15). Multiplica-se então, a pontuação atribuída a cada dimensão, na primeira fase do método (escala de 0 a 100), pelo valor obtido na fase de ponderação, para cada uma das dimensões. Por fim, a média ponderada da carga de trabalho global da tarefa em estudo é obtida, dividindo-se a soma de todos os valores por quinze (total das combinações binárias).

Qual elemento contribui mais para a carga de trabalho na tarefa avaliada?					
1	Demanda mental	()	()	Demanda física	
2	Demanda temporal	()	()	Demanda física	
3	Demanda temporal	()	()	Nível de frustração	
4	Demanda temporal	()	()	Demanda mental	
5	Performance (desempenho)	()	()	Demanda física	
6	Demanda temporal	()	()	Esforço (empenho)	
7	Performance (desempenho)	()	()	Demanda mental	
8	Nível de frustração	()	()	Demanda física	
9	Performance (desempenho)	()	()	Nível de frustração	
10	Nível de frustração	()	()	Demanda mental	
11	Esforço (empenho)	()	()	Demanda física	
12	Performance (desempenho)	()	()	Esforço (empenho)	
13	Esforço (empenho)	()	()	Demanda mental	
14	Demanda temporal	()	()	Performance (desempenho)	
15	Esforço (empenho)	()	()	Nível de frustração	

Figura 8 – Comparações binárias das 6 dimensões de carga mental do método Nasa TLX.

Fonte: Adaptado de Hart, 2006



3. Metodologia

A metodologia deste estudo consiste na realização de uma Análise de Confiabilidade Humana utilizando o método Petro HRA.

O primeiro passo é a realização da Análise de Tarefa Crítica do Procedimento de Resposta à Emergência de Vazamento de Gás de um FPSO similar ao do FPSO da Cidade de São Mateus, através da análise hierárquica da tarefa crítica. Após a análise hierárquica da tarefa e da construção da árvore de falhas, será realizada a identificação dos erros humanos de cada tarefa, a identificação e quantificação dos fatores influenciadores de desempenho e finalmente o cálculo do erro humano, através do método Petro HRA. Com base na análise de impacto, serão propostas recomendações, a fim de possibilitar a redução do erro humano.

A Figura 9 apresenta o esquemático seguido para a realização da Análise de Confiabilidade Humana através do método Petro HRA.

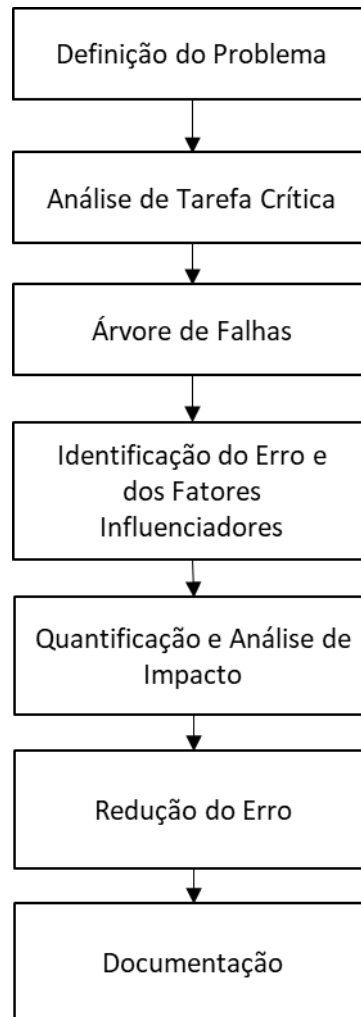


Figura 9 – Esquemático para realização da Análise de Confiabilidade Humana

3.1. Aplicação do método NASA TLX

O método Nasa TLX foi a ferramenta aplicada neste estudo para estimar a carga global de trabalho de quatro operadores, responsáveis pela execução das tarefas contidas nas etapas do Procedimento Operacional de Resposta à Emergência para Vazamento de Gás de um FPSO, similar ao utilizado no FPSO da Cidade de São Mateus.

O objetivo da aplicação desta ferramenta é comparar os níveis atribuídos aos Fatores Influenciadores de Desempenho (PSFs), que contribuem para o erro humano, com os resultados do Nasa TLX, cuja metodologia se baseia nas respostas dos próprios operadores. A comparação visa avaliar se as pontuações dos fatores



influenciadores definidos no método Petro HRA estão similares às respostas dos próprios operadores para as demandas exigidas na realização de suas tarefas.

A proposta é identificar quais as tarefas dentro do procedimento apresentam maior nível de carga de trabalho e ainda, qual fator/elemento (Demanda Mental, Demanda Física, Demanda Temporal, Performance, Esforço e Frustração) é o maior contribuinte na geração desta, correlacionando estes resultados com os atribuídos nas tabelas de fatores influenciadores (método Petro HRA). A Tabela 2 apresenta os Fatores Influenciadores de Desempenho (PSF's) que são comparáveis com os elementos do Nasa TLX:

Tabela 2: Fatores Influenciadores de Desempenho (PSF's) do Petro HRA comparáveis com os elementos do NASA-TLX

Fatores Influenciadores do Petro HRA (PSF's)	Nasa TLX
Tempo Disponível	Demanda Temporal
Estresse	Demanda Mental
Complexidade da Tarefa	Demanda Mental
Experiência/Treinamento	Performance
Procedimentos	-
Interface Humana Máquina	Esforço
Atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão	Frustração
Trabalho em Equipe	-
Ambiente físico de trabalho	Demanda Física

A aplicação do método Nasa TLX consistiu nas seguintes etapas:

1. Embarque até a Plataforma para ambientação com o local de trabalho e aplicação da pesquisa;
2. Visita aos postos de trabalho dos setores de operação da casa de bombas, para reconhecimento do espaço físico (externamente, pois não foi autorizada a entrada ao recinto devido aos requisitos de segurança da plataforma) e da equipe de atendimento de Resposta à Emergência, responsável pela aplicação das etapas do Procedimento Operacional de Resposta à Emergência de Vazamento de Gás.



3. Entrevista com os executantes do procedimento de Resposta à Emergência de Vazamento de Gás, a fim de obter o entendimento geral acerca das tarefas executadas sob a visão destes em relação ao trabalho e suas perspectivas;
4. Explicação do Método Nasa TLX aos entrevistados, quais os seus objetivos e finalidades da aplicação com a equipe;
5. Levantamento de informações pessoais, tais como idade, sexo, altura, peso, escolaridade, doenças, afastamento, sintoma LERT/DORT, fumante ou não, atividades esportivas que realiza, entre outras, para possível avaliação de fatores que podem influenciar no resultado do método.
6. Aplicação do Método para mensurar a carga mental de trabalho, para as tarefas críticas do Procedimento Operacional de Resposta à Emergência de Vazamento de Gás, considerando as tarefas críticas levantadas: 1. Não permitir colaboradores adentrar a casa de bombas em atmosfera explosiva; 2. Eliminar as fontes de ignição e/ou não utilizar equipamentos com a possibilidade de gerar fonte de ignição e 3. Realizar o monitoramento de atmosfera explosiva (concentração de gases);
7. Análise dos resultados dos níveis de carga obtida em cada tarefa, comparação dos resultados de acordo com os elementos do Nasa TLX e Comparação dos resultados do Petro HRA (Fatores Influenciadores) com os obtidos no Nasa TLX.

A Figura 10 representa o esquema de pesquisa de campo adotado para a aplicação do Nasa TLX neste estudo e ilustra as principais características dos procedimentos em campo.



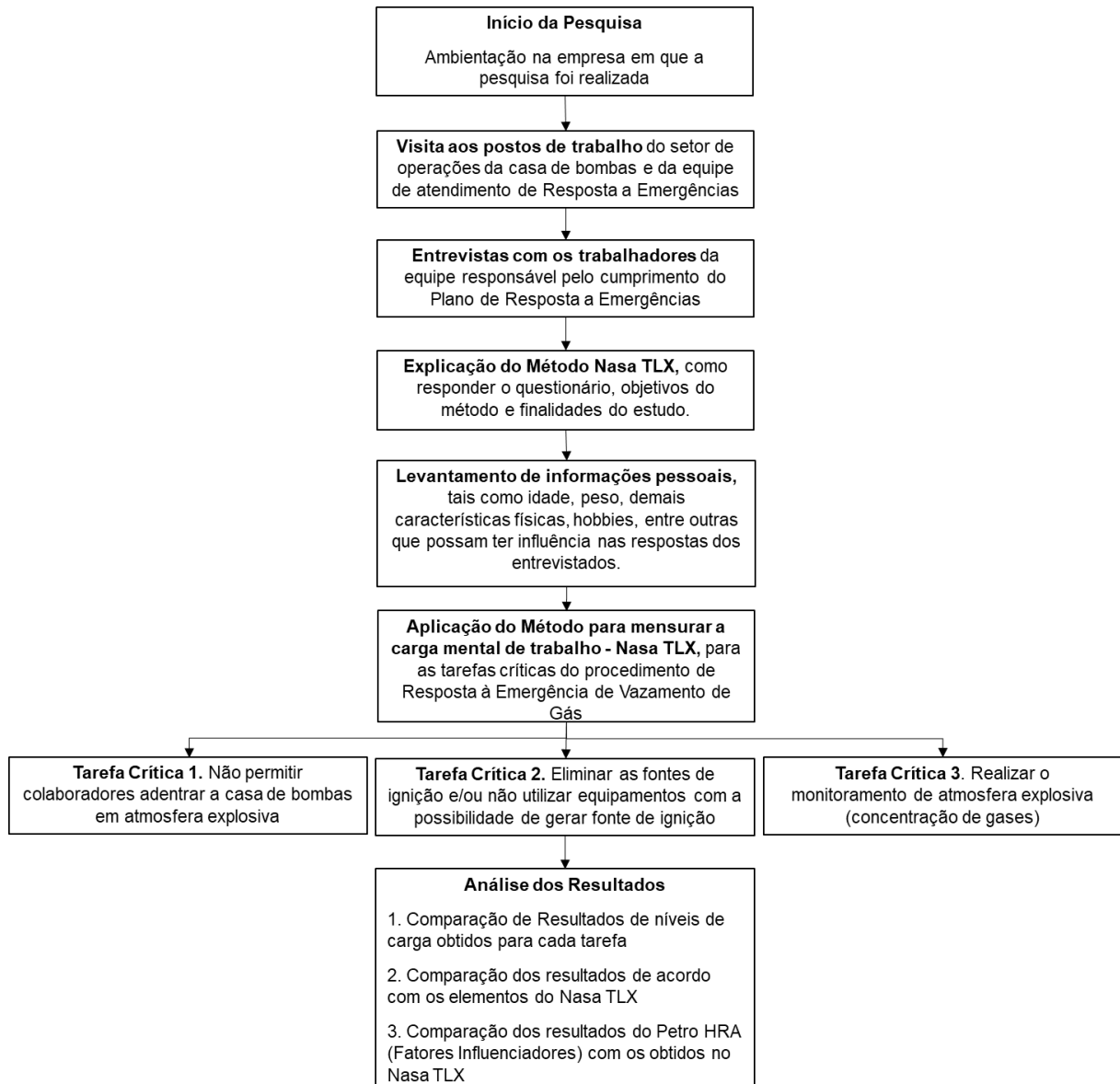


Figura 10 - Procedimento de Pesquisa para Aplicação do Nasa TLX.

4. Resultados e Discussões

4.1 Análise de Confiabilidade Humana

A Definição do problema está atrelada a um procedimento crítico ou um procedimento que requer um melhor entendimento dos riscos de erro humano.



Conforme descrito no item 2.2 deste trabalho, o procedimento crítico selecionado como objeto deste estudo consiste no Procedimento Operacional de Resposta à Emergência de Vazamento de Gás, mais especificamente, vazamento de gás na Casa de Bombas do FPSO.

A classificação das tarefas críticas foi realizada com base no *Guidance On Human Factors Safety Critical Task Analysis* (SCTA) (Energy Institute, 2020), onde a Tarefa 1 foi classificada como uma tarefa de baixa criticidade, representada pela cor verde, a Tarefa 3.1 caracterizada como média criticidade, representada pela cor laranja e as Tarefas 2, 3.2 e 4 como tarefas de criticidade alta, representadas pela cor vermelha.

A Figura 11 apresenta a análise hierárquica da tarefa realizada para o procedimento analisado, bem como a seleção das tarefas mais críticas.

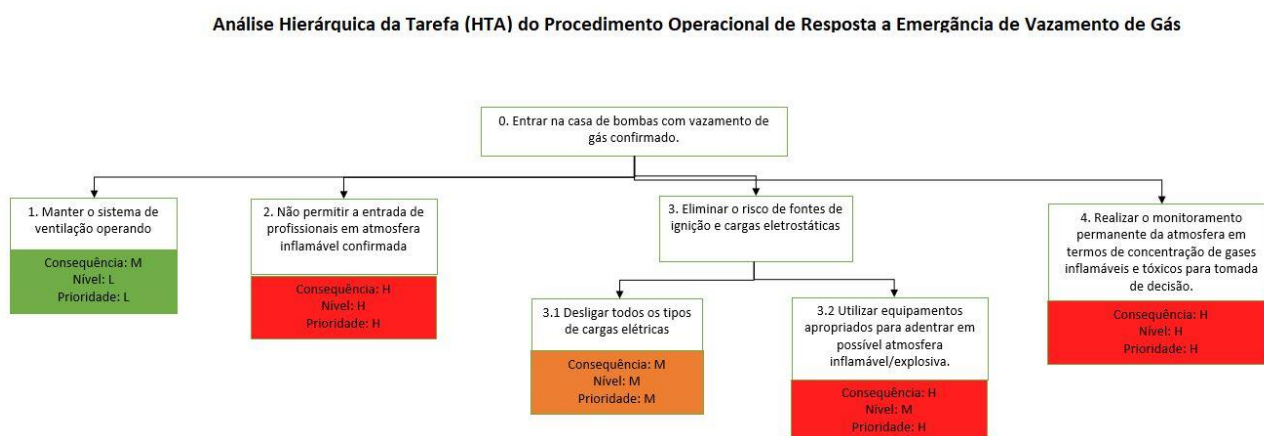
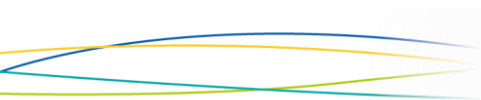


Figura 11 - Análise Hierárquica da Tarefa (HTA) do Procedimento Operacional de Resposta à Emergência de Vazamento de Gás e seleção de tarefas mais críticas, de acordo com *Safety Critical Task Analysis* (SCTA).

Considerando somente as tarefas cuja criticidade tenha sido classificada como média e alta, construiu-se a árvore de falhas.

Após a determinação das tarefas críticas do procedimento, realizou-se a classificação do tipo de Erro Humano para cada uma delas. A classificação foi baseada na Figura 6 do método Petro HRA.

A Figura 12 apresenta a árvore de falhas com a classificação do tipo de Erro Humano para cada tarefa crítica do procedimento.



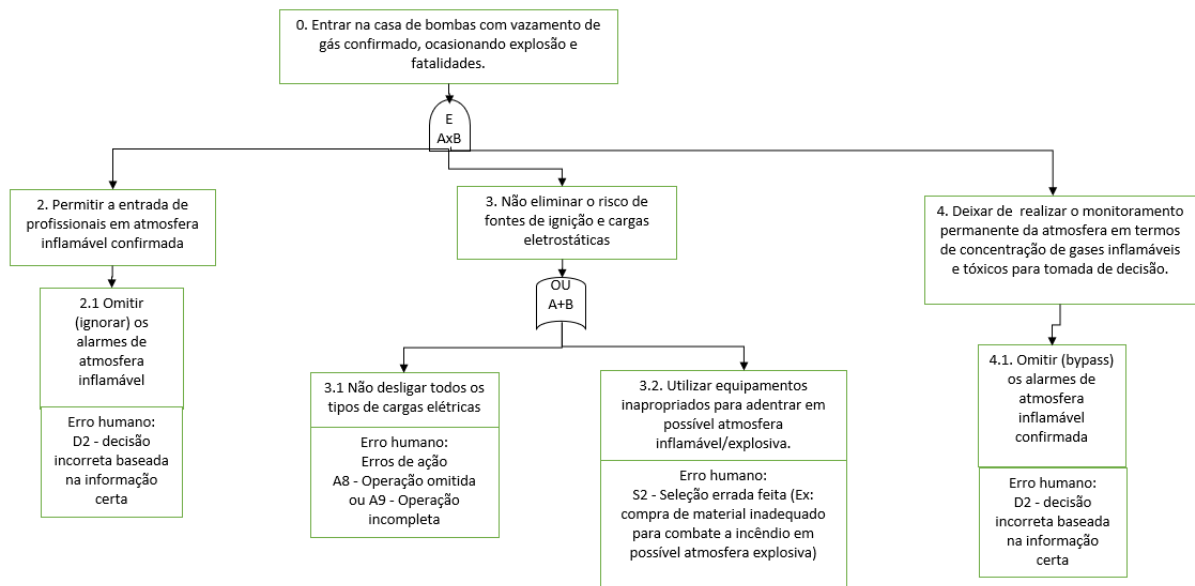


Figura 12 – Árvore de Falhas para o Procedimento Operacional de Resposta a Emergência de Vazamento de Gás

Conforme pode ser observado na Figura 12, foram identificados dois Erros de Decisão (Tarefa 2 e Tarefa 4), um erro de ação (Tarefa 3.1) e um erro de seleção (tarefa 3.2).

Após finalizada a etapa de classificação do erro humano, seguiu-se para a etapa de quantificação dos fatores influenciadores de desempenho (PSF's).

Os fatores influenciadores de desempenho foram calculados considerando-se a tabela demonstrada na Figura 6, a qual possui vários níveis com multiplicadores correspondentes e a Equação 1. Deste modo, a probabilidade de erro humano (HEP) de cada tarefa foi calculada a partir dos valores nominais, dos níveis escolhidos e dos multiplicadores de desempenho, conforme apresentado a seguir na Tabela 3. Para as tarefas, cuja probabilidade de falha apresentou valor maior que 1, foi realizado o ajuste do HEP, definindo-o como 1. Valores de HEP abaixo de 10^{-5} foram ajustados considerando o valor mínimo de 10^{-5} , conforme indicado no Energy Institute, 2020. Se pelo menos um dos PSF's forem classificados com nível de "HEP = 1" (e não apenas como "1", conforme Figura 6), então o HEP de toda a tarefa deve ser definido como 1, independente dos demais multiplicadores para os outros PSF's.

As tabelas resumo dos fatores influenciadores de desempenho, contendo o detalhamento dos níveis PSF's, bem como as justificativas para a escolha de cada nível, encontram-se no Anexo I.



Tabela 3: Tabela Resumo do Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP) das tarefas críticas do Procedimento Operacional de Resposta à Emergência de Vazamento de Gás

Tarefa	PSF's	Níveis PSF escolhidos	Multiplicador	HEP	Ajuste HEP
2.1	Tempo	Negativo Muito Alto	50	5 x 10 ³	1
	Estresse	Negativo Muito Baixo	2		
	Complexidade da Tarefa	Nominal	1		
	Experiência/ Treinamento	Negativo Muito Alto	50		
	Procedimento	Nominal	1		
	Interface Homem-Máquina	Nominal	1		
	Atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão	Negativo Moderado	10		
	Trabalho em Equipe	Negativo Moderado	10		
	Ambiente de trabalho	Nominal	1		
3.1	Tempo	Negativo Muito Alto	50	3 x 10 ⁴	1
	Estresse	Negativo Muito Baixo	2		
	Complexidade da Tarefa	Negativo Muito Baixo	2		
	Experiência/ Treinamento	Negativo Moderado	15		
	Procedimento	Nominal	1		
	Interface Homem-Máquina	Negativo Moderado	10		
	Atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão	Negativo Moderado	10		
	Trabalho em Equipe	Negativo Moderado	10		
	Ambiente de trabalho	Nominal	1		
3.2	Tempo	Negativo Moderado	10	5,0	1
	Estresse	Nominal	1		
	Complexidade da Tarefa	Negativo Muito Baixo	2		
	Experiência/ Treinamento	Negativo Baixo	5		
	Procedimento	Negativo Alto	20		
	Interface Homem-Máquina	Não aplicável	1		
	Atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão	Positivo baixo	0,5		
	Trabalho em Equipe	Positivo baixo	0,5		
	Ambiente de trabalho	Nominal	1		



Tarefa	PSF's	Níveis PSF escolhidos	Multiplicador	HEP	Ajuste HEP
4.1	Tempo	Positivo Moderado	0,1	0,05	-
	Estresse	Negativo Baixo	5		
	Complexidade da Tarefa	Positivo Moderado	0,1		
	Experiência/ Treinamento	Positivo Moderado	0,1		
	Procedimento	Negativo alto	20		
	Interface Homem-Máquina	Positivo baixo	0,5		
	Atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão	Negativo Muito alto	50		
	Trabalho em Equipe	Negativo Muito Baixo	2		
	Ambiente de trabalho	Não Aplicável	1		

A árvore de falhas contendo as probabilidades de erro humano para cada tarefa, bem como para a tarefa topo do procedimento, já considerando os ajustes de HEP a serem realizados de acordo com o método Petro HRA, pode ser visualizada na Figura 13.

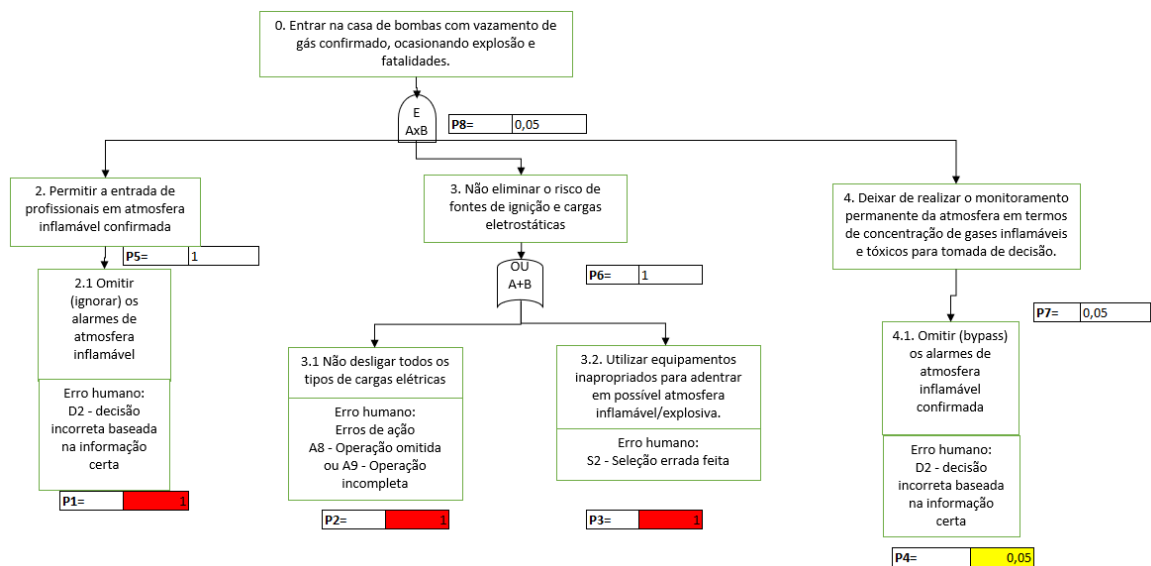


Figura 13 - Árvore de Falhas e as Probabilidades de Erro Humano (HEP) de Cada Tarefa Crítica do Procedimento Operacional de Resposta à Emergência de Vazamento de Gás.

A Equação 3 apresenta o cálculo do Erro Humano (HEP) associado ao Procedimento Operacional de Resposta à Emergência para Vazamento de Gás:



$$HEP_{(P8)} = P5 \times P6 \times P7 = 0,05$$

Equação 3

Deste modo, a probabilidade de Erro Humano associado ao Procedimento Operacional de Resposta à Emergência para Vazamento de Gás calculado é igual a 5×10^{-2} .

A análise de impacto, conforme Equação 2, nos indica que a cada 100 vezes que este procedimento for executado, haverá 5 oportunidades para erro ao executar este procedimento.

Com base nos critérios de tolerabilidade das probabilidades de erro humano (HEP) das tarefas e do procedimento estabelecidos pelo método Petro HRA, entende-se que as tarefas do Procedimento Operacional de Resposta à Emergência para Vazamento de Gás requerem ações para redução da probabilidade de Erro. Com base no descritivo do item 2.4 e nos resultados apresentados nos cálculos das probabilidades, percebe-se que das quatro subtarefas do procedimento operacional, três apresentaram $HEP=1$, ou seja, apresentam riscos inaceitáveis e precisam de mudanças dos fatores que levaram a esse patamar (marcadas em vermelho) e uma apresentou $HEP=0,05$, requer ações para melhoria da tarefa.

Deste modo, devem ser propostas melhorias para a redução da probabilidade de Erro Humano para as quatro subtarefas do procedimento avaliado.

4.1.1 Propostas para Redução do Erro

A implementação das medidas recomendadas nesse trabalho busca aumentar a confiabilidade dos sistemas e diminuir a probabilidade de ocorrência de falhas humanas durante a execução do Procedimento Operacional de Resposta à Emergência de Vazamento de Gás. Essas recomendações seguem uma abordagem preventiva, criando um cenário em que as falhas humanas identificadas passam a ter uma menor probabilidade de ocorrer durante a execução de determinada tarefa do procedimento.

Neste estudo foram propostas dez recomendações, a fim de reduzir a Probabilidade de Erro Humano (HEP), apresentadas na Tabela 3, das quatro subtarefas do Procedimento Operacional de Resposta à Emergência de Vazamento de Gás, consideradas intoleráveis, conforme os critérios de tolerabilidade das



probabilidades de erro humano (HEP) das tarefas e do procedimento estabelecidos pelo método Petro HRA.

As recomendações propostas levaram em consideração os PSF's que mais impactaram no cálculo do HEP da tarefa, ou seja, basearam-se nos PSF's que possuem maior influência para cada falha humana, conforme o cálculo de confiabilidade humana, visando reduzir seus níveis. Em conjunto, considerou-se a classificação das etapas críticas, com base em sua tipologia de falhas humanas (Energy Institute, 2020), a fim de analisar se as dez recomendações propostas são adequadas para reduzir a incidência dessas falhas, conforme apresentado no Quadro 1.

A Tabela 4 apresenta as recomendações sugeridas neste estudo para a redução da probabilidade de erro humano, de acordo com os PSF's a serem reduzidos e a classificação do tipo de erro de cada tarefa crítica. Uma Tabela Resumo, contendo todo o detalhamento da análise de confiabilidade humana, desde a análise hierárquica das tarefas, as recomendações sugeridas, os PSF's reduzidos e até o cálculo de redução da probabilidade do erro humano, encontra-se no Anexo III.

Tabela 4: Resumo das Recomendações Propostas para a redução do HEP

Tarefa	Tipo de Erro (Petro HRA): Classificação (Energy Institute)	Recomendação	Fatores Influenciadores (Novo Cálculo)
2.1 Permitir a entrada de profissionais em atmosfera por omitir (ignorar) os alarmes de atmosfera inflamável confirmada	Erro de Conhecimento/ Cognição: Erro	Recomendação 2.1.1: Instalar sistema de LOTO (<i>lock out - tag out</i>) na porta da casa de bombas para que apenas seja permitida a abertura da porta após a confirmação de leituras iguais ou inferiores a 1% do LII/LIE nos sensores fixos da casa de bombas, obedecendo a filosofia de votação.	Tempo Disponível = Not applicable – 1
		Recomendação 2.1.2: Instalar sistema de monitoramento de desvio do processo <i>anti-reset</i> , caso a variável controlada permaneça em desvio o sistema aciona novamente com escalonamento da informação (elevação do nível de informação e comunicação).	Experiência/Treinamento = Moderate positive - 0,1
		Recomendação 2.1.3: Realizar o VCP e revisar o procedimento de resposta à emergência, com base nos resultados do VCP, nos diversos níveis de resposta, incluindo instruções e proibições mais claras, completas e não conflitantes, como por	Procedimento = Low positive - 0,5 Interface Humana-Máquina = Low positive - 0,5 Atitudes em relação à segurança, trabalho e

Tarefa	Tipo de Erro (Petro HRA): Classificação (Energy Institute)	Recomendação	Fatores Influenciadores (Novo Cálculo)
		exemplo: quais os equipamentos (portáteis e fixos) devem ser utilizados para o controle de atmosfera e em quais momentos; possuir ordem de etapas bem definidas; deixar claro que o monitoramento deverá ser durante todo o tempo; incluir treinamento e simulado com a brigada de emergência, equipe de manutenção, operadores e lideranças.	suporte de gestão = Not applicable – 1 Trabalho em Equipe = Not applicable - 1
3.1 Não eliminar o risco de fontes de ignição e cargas eletrostáticas a partir da falha de não serem desligadas todos os tipos de cargas elétricas	Erro de Ação: Deslize	Recomendação 3.1.1: Instalar intertravamento automático para o desligamento das fontes de ignição da casa de bombas após a confirmação de vazamento de gás pela lógica de votação dos detectores fixos, levando ao ESD (<i>emergency shutdown</i>). Recomendação 3.1.2: Elaborar e implementar <i>check-list</i> com passos sequenciais, contendo todos os itens a serem desligados na casa de bombas em caso de vazamento de gás com identificação clara e acessível e fácil acesso e manuseio pelo operador.	Disponível = Not applicable – 1 Estresse = Nominal - 1 Complexidade da Tarefa = Moderate positive - 0,1 Experiência/Treinamento = Not applicable – 1 Interface Humana - Máquina = Low positive - 0,5 Atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão = Not applicable – 1 Trabalho em Equipe = Not applicable - 1
3.2 Não eliminar o risco de fontes de ignição e cargas eletrostáticas, porém a falha de serem utilizados equipamentos inapropriados para adentrar em possível atmosfera inflamável/explosiva	Erro de Conhecimento/Cognição: Erro	Recomendação 3.2.1: Disponibilizar somente mangueiras, equipamentos de combate a incêndio e ferramentas de manutenção adequadas e não condutores em locais de áreas classificadas. Recomendação 3.2.2: Bloqueio sistêmico para a compra de determinados equipamentos/ferramentas de área classificada para determinado centro de custos. Recomendação 3.2.3: Identificar com cores diferentes os equipamentos/ ferramentas homologadas para área classificada e realizar rotinas de inspeção nas áreas verificando as suas utilizações.	Tempo Disponível = Moderate positive -1 Complexidade da Tarefa = Moderate positive -1 Procedimentos = Nominal -1



Tarefa	Tipo de Erro (Petro HRA): Classificação (Energy Institute)	Recomendação	Fatores Influenciadores (Novo Cálculo)
4.1 Não realizar o monitoramento permanente da atmosfera em termos de concentração de gases inflamáveis e tóxicos para tomada de decisão por omitir (bypass) dos alarmes de atmosfera inflamável confirmada	Erro de Conhecimento/Cognição: Erro	Recomendação 4.1.1: Instalar na casa de bombas câmeras de infravermelho (termográficas) com sistema de processamento de imagens integrado, conectadas ao sistema fechado de vídeo (CFTV) da unidade alarmando no supervisão em caso de detecção de gás e levando a ESD (<i>emergency shutdown</i>) a partir de certo volume de gás identificado. Recomendação 4.1.2: Criar no PLC lista controlada de usuários habilitados para a realização de algumas operações, como inabilitar alarmes e sensores críticos através de senha e/ou acesso controlado.	Procedimentos = Low positive - 0,1

Na etapa crítica 2.1, um erro de Conhecimento/Cognição foi identificado devido à permissão da entrada de profissionais em atmosfera, por serem omitidos (ignorados) os alarmes de atmosfera inflamável confirmada. As recomendações 2.1.1 e 2.1.2 identificadas consistem em modificações no projeto do sistema (design de controle), envolvendo a implementação de um sistema de LOTO na porta da casa de bombas e um sistema de monitoramento de desvios do processo *anti-reset*.

A recomendação 2.1.3 que indica a revisão do procedimento de resposta a emergências considerando a opinião dos operadores experientes e requalificação da equipe após essa revisão, embora seja um controle administrativo e não seja tão robusta como os controles de engenharia, foi considerada necessária devido à identificação de deficiências no procedimento atual, como instruções e proibições pouco claras, incompletas e conflitantes. Portanto, sua inclusão visa melhorar a eficácia e a segurança do sistema.

As três recomendações identificadas para a tarefa 2.1 são consideradas adequadas para prevenir a ocorrência da falha humana, sendo reduzido os seguintes PSFs: Tempo Disponível, Experiência/Treinamento, Procedimento, Interface Humana-Máquina, Atitudes em relação à segurança e Trabalho em Equipe.

Na etapa 3.1 do estudo, foi identificada uma falha de Ação: Deslize, ao ser decidido não eliminar os riscos de fontes de ignição e cargas eletrostáticas, devido ao não desligamento de todas as cargas elétricas. A recomendação 3.1.1 para instalação

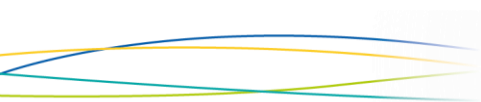


de intertravamento que levará ao ESD (*emergency shutdown*) da unidade é um controle de engenharia (design de controle). A recomendação 3.1.2 de implementação de *check-list* é um controle administrativo e de design de trabalho. Ambas as ações deverão ser implementadas em conjunto e reduzem os seguintes PSFs identificados: Disponível, Estresse, Complexidade da Tarefa, Experiência/Treinamento, Interface Humana – Máquina, Atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão e Trabalho em Equipe.

Na etapa 3.2 do estudo, que trata da decisão de não eliminar o risco de fontes de ignição e cargas eletrostáticas, devido ao uso de equipamentos inadequados em áreas com atmosfera inflamável/explosiva, a classificação atribuída foi falha de Conhecimento/Cognição: Erro. Para prevenir essa falha humana, foram propostas algumas recomendações. As recomendações 3.2.1 e 3.2.2 propõem a disponibilização apenas de equipamentos adequados em áreas classificadas e a implementação de bloqueios nos sistemas de compras para permitir a aquisição apenas de materiais corretos. Essas medidas devem ser implementadas conjuntamente e são consideradas como barreiras de design de controle. Além disso, a recomendação 3.2.3, que envolve a identificação e inspeção desses materiais, é classificada como um controle administrativo, relacionado à redução de distrações. Ambas as recomendações reduziram os seguintes PSFs: Tempo Disponível, Complexidade da Tarefa e Procedimentos.

Na etapa 4.1, a não realização do monitoramento permanente da atmosfera em termos de concentração de gases inflamáveis e tóxicos por omissão (*bypass*) dos alarmes de atmosfera inflamável confirmada foi classificada como um erro de Conhecimento/Cognição. A recomendação 4.1.1 de instalação de câmeras de infravermelho são consideradas como design de controle por atuação automática que levará a um alarme adicional no supervisório e ao ESD (*emergency shutdown*) da unidade. A recomendação 4.1.2 também está relacionada ao design de controle e apenas permitirá o *bypass* de alarmes e sensores críticos através de acesso controlado pela supervisão. Ambas as recomendações foram consideradas suficientes para a redução do PSF de Procedimentos.

É fundamental enfatizar a necessidade de implementar todas as melhorias identificadas para reduzir a probabilidade de falha humana. Após a implementação das recomendações, é imperativo realizar o monitoramento da efetividade de cada nova medida de controle implementada. Deverá ser previsto, sempre que identificado



mudanças no processo, instalação ou na operação, uma revisão da análise de confiabilidade humana, dos fatores influenciadores e do cálculo do HEP, identificando novas melhorias com base nesse processo de reavaliação.

A Tabela 5 apresenta o novo cálculo de HEP para cada tarefa, considerando-se as recomendações sugeridas. As tabelas resumo do novo cálculo dos fatores influenciadores de desempenho, contendo o detalhamento dos níveis PSF's, bem como as justificativas para a escolha de cada nível, e os PSF's que foram reduzidos encontram-se no Anexo II.



Tabela 5 – Tabela Resumo para o Novo Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP) das tarefas críticas do Procedimento Operacional de Resposta à Emergência de Vazamento de Gás

Tarefa	PSF's	Níveis PSF escolhidos	Multiplicador	HEP	Ajuste HEP
2.1	Tempo	Não Aplicável	1	5x10 ⁻⁴	-
	Estresse	Negativo Muito Baixo	2		
	Complexidade da Tarefa	Nominal	1		
	Experiência/ Treinamento	Positivo Moderado	0,1		
	Procedimento	Positivo baixo	0,5		
	Interface Homem-Máquina	Positivo baixo	0,5		
	Atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão	Não Aplicável	1		
	Trabalho em Equipe	Não Aplicável	1		
	Ambiente de trabalho	Nominal	1		
3.1	Tempo	Não Aplicável	1	5,0 x 10 ⁻⁴	-
	Estresse	Nominal	1		
	Complexidade da Tarefa	Positivo Moderado	0,1		
	Experiência/ Treinamento	Não Aplicável	1		
	Procedimento	Nominal	1		
	Interface Homem-Máquina	Positivo baixo	0,5		
	Atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão	Não Aplicável	1		
	Trabalho em Equipe	Não Aplicável	1		
	Ambiente de trabalho	Nominal	1		
3.2	Tempo	Positivo Moderado	0,1	1,25 x 10 ⁻⁴	-
	Estresse	Nominal	1		
	Complexidade da Tarefa	Positivo Moderado	0,1		
	Experiência/ Treinamento	Negativo Baixo	5		
	Procedimento	Nominal	1		
	Interface Homem-Máquina	Não aplicável	1		
	Atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão	Positivo baixo	0,5		
	Trabalho em Equipe	Positivo baixo	0,5		
	Ambiente de trabalho	Nominal	1		
4.1	Tempo	Positivo Moderado	0,1	1,25 x 10 ⁻³	-
	Estresse	Negativo Baixo	5		



Tarefa	PSF's	Níveis PSF escolhidos	Multiplicador	HEP	Ajuste HEP
Complexidade da Tarefa		Positivo Moderado	0,1		
Experiência/ Treinamento		Positivo Moderado	0,1		
Procedimento		Positivo baixo	0,5		
Interface Homem-Máquina		Positivo baixo	0,5		
Atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão		Negativo Muito alto	50		
Trabalho em Equipe		Negativo Muito Baixo	2		
Ambiente de trabalho		Não Aplicável	1		

A árvore de falhas contendo as novas probabilidades de erro humano para cada tarefa, bem como para a tarefa topo do procedimento pode ser visualizada na Figura 14.

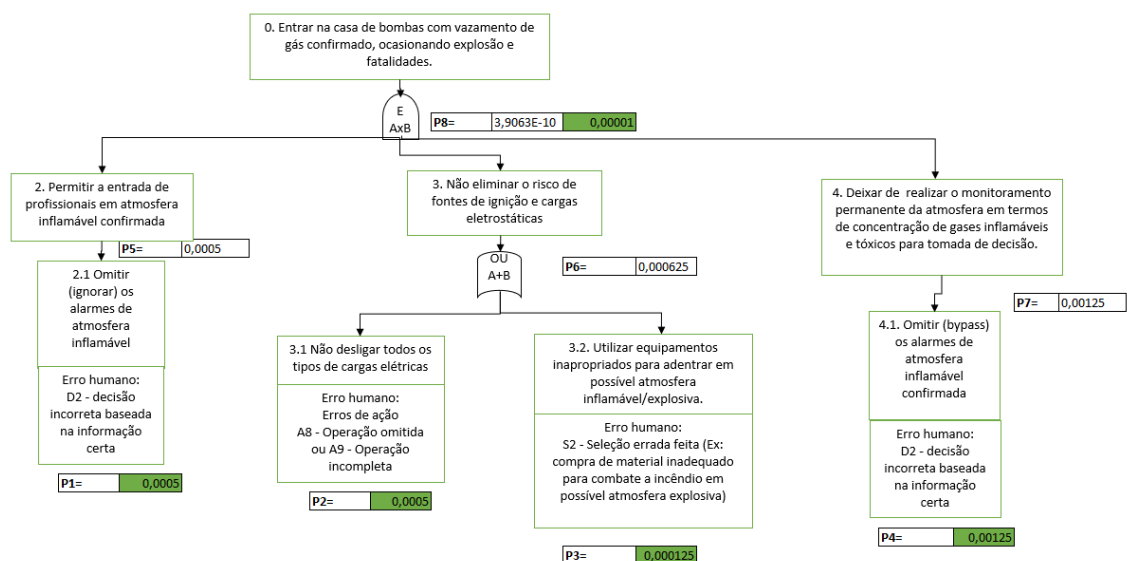


Figura 14 – Árvore de Falhas e as novas Probabilidades de Erro Humano (HEP) de Cada Tarefa Crítica do Procedimento Operacional de Resposta à Emergência de Vazamento de Gás.

A Equação 4 apresenta o novo cálculo do Erro Humano (HEP) associado ao Procedimento Operacional de Resposta à Emergência para Vazamento de Gás:

$$HEP_{(P8)} = P5 \times P6 \times P7 = 1 \times 10^{-5}$$

Equação 4



Deste modo, a probabilidade de Erro Humano associado ao Procedimento Operacional de Resposta à Emergência para Vazamento de Gás calculado, após a implementação das recomendações, é igual a 1×10^{-5} .

A análise de impacto, conforme Equação 2, nos indica que a cada 100.000 vezes que este procedimento for executado, haverá 1 oportunidade para erro ao executar este procedimento.

4.2 NASA TLX

A Figura 15 apresenta os resultados da aplicação do Nasa TLX. Os resultados são apresentados para o valor médio geral da carga de trabalho de cada tarefa e para cada fator isoladamente, estes últimos foram obtidos a partir da média dos valores atribuídos pelos participantes a cada um dos seis fatores geradores de carga que foram analisados. Os questionários contendo as respostas de cada entrevistado encontram-se no Anexo IV.

Quanto mais alto o valor apresentado por cada fator, maior é a sua contribuição na geração da carga de trabalho. É importante destacar que valores mais altos para a Performance indicam maiores graus de insatisfação do usuário em relação ao seu desempenho.

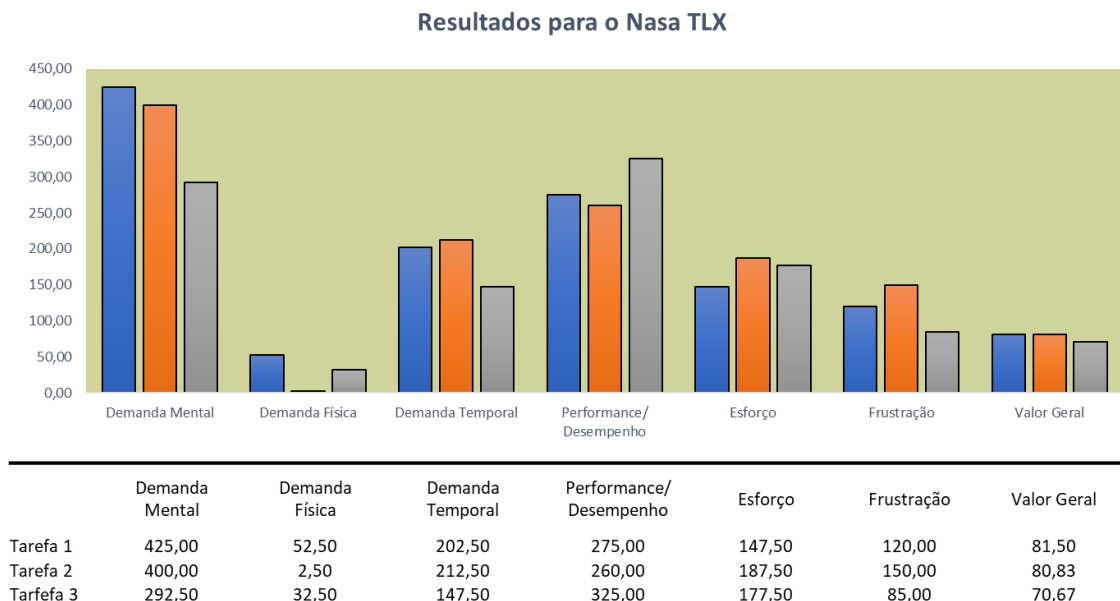


Figura 15 – Resultados para o Nasa TLX



Na Tabela 6 é possível visualizar os resultados de carga mental de trabalho atribuída por cada entrevistado para as tarefas desenvolvidas e o valor de carga mental global de cada tarefa, obtido por meio da média geral dos valores de carga mental de cada entrevistado.

Tabela 6 – Comparação de resultados de carga mental geral obtida por meio do Método Nasa TLX

Tarefa	Tarefa 1				Tarefa 2				Tarefa 3			
Identificação	Suj.1 (%)	Suj.2 (%)	Suj.3 (%)	Suj.4 (%)	Suj.1 (%)	Suj.2 (%)	Suj.3 (%)	Suj.4 (%)	Suj.1 (%)	Suj.2 (%)	Suj.3 (%)	Suj.4 (%)
Sobrecarga Nasa TLX	94,00	84,67	78,67	68,67	75,33	77,33	90,00	80,67	66,00	60,00	79,33	77,33
Valor Geral	81,50				80,83				70,67			

A Tabela 7 apresenta, em ordem decrescente, a contribuição dos fatores influenciadores de desempenho (Petro HRA) para a probabilidade do erro humano e os elementos do Nasa TLX para a geração da carga mental global de cada tarefa.

Tabela 7 – Comparativo dos resultados de Pontuação dos PSF's com a carga de trabalho por dimensão no método Nasa TLX para cada atividade.

Atividade	Aspecto Avaliado	Resultados Petro HRA	Resultados Nasa TLX
Tarefa 1	Fatores em destaque	1° Tempo disponível; 2° Experiência/ Treinamentos; 3° Atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão; 4° Estresse e Complexidade da Tarefa; 5° Interface Humana-Máquina; 6° Ambiente físico de trabalho;	3° Demanda Temporal; 2° Nível de Performance; 5° Nível de Frustração; 1° Demanda Mental; 4° Nível de Esforço; 6° Demanda Física;
Tarefa 2	Fatores em destaque	1° Tempo disponível; 2° Experiência/ Treinamentos; 3° Interface Humana-Máquina; 4° Atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão; 5° Estresse e Complexidade da Tarefa; 6° Ambiente físico de trabalho;	3° Demanda Temporal; 2° Nível de Performance; 4° Nível de Esforço; 5° Nível de Frustração; 1° Demanda Mental; 6° Demanda Física;
Tarefa 3	Fatores em destaque	1° Atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão; 2° Estresse e Complexidade da Tarefa;	5° Nível de Frustração; 2° Demanda Mental;



		3° Ambiente físico de trabalho; 4° Interface Humana-Máquina; 5° Tempo disponível; 6° Experiência/ Treinamentos;	6° Demanda Física; 3° Nível de Esforço; 4° Demanda Temporal; 1° Nível de Performance;
--	--	--	--

Comparando os níveis escolhidos para cada fator influenciador do erro humano (PSF's) - método Petro HRA - com as notas atribuídas aos seis elementos de carga mental do Nasa TLX, pode-se concluir que para as Tarefas 1 e 2, o "Tempo disponível" foi considerado o maior contribuinte para o erro humano no Método Petro HRA, em contrapartida, a demanda temporal apareceu em terceiro lugar para a contribuição da carga mental na visão dos próprios operadores, considerando-se o Nasa TLX. Por outro lado, o ambiente físico ou demanda física não apresentaram significativa importância para a contribuição do erro humano ou carga mental.

Analisando-se a tarefa 3, "Atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão" aparece como o maior fator contribuinte para o erro humano, enquanto, de acordo com o Nasa TLX, o nível de performance/desempenho aparece em primeiro lugar no ranking de contribuição para carga mental do trabalho.

Acredita-se que caso a execução do VCP tivesse sido realizada na Análise de Confiabilidade Humana, os resultados da pontuação dos fatores influenciadores de desempenho estariam mais próximos dos obtidos no Método Nasa TLX, pois nesta etapa, a equipe de análise teria identificado os principais fatores influenciadores que contribuem para o erro humano na visão dos operadores que executam o procedimento. Além disso, com base nas dimensões que mais contribuíram para os resultados de carga de trabalho no Nasa TLX, pode-se avaliar, com profundidade, os fatores influenciadores de desempenho a elas associados a nível de comparação, conforme Tabela 2.



5 Conclusão

A prática de gestão de fatores humanos tem por objetivo o gerenciamento dos riscos advindos das interações entre fatores individuais, tecnológicos e organizacionais, além de levar em consideração a capacidade do operador demonstrar que possui um fluxo de trabalho estabelecido e adota técnicas reconhecidas, integradas às análises de risco da instalação, a fim de propor, implementar e avaliar a efetividade de medidas de redução de erros humanos que possam contribuir para a ocorrência de grandes acidentes. No presente estudo a aplicação dessa prática foi demonstrada com sucesso seja pelos resultados encontrados como também pelo fato desses permitirem a elaboração de recomendações claras para redução do erro humano

O cálculo da probabilidade de erro humano para as tarefas críticas do Procedimento Operacional de Resposta à Emergência de Vazamento de Gás apontou que das quatro tarefas críticas, três apresentaram valores de HEP igual a 1, ou seja, apresentaram riscos inaceitáveis e necessitam de recomendações para redução da probabilidade de erro humano e uma apresentou HEP=0,05, a qual requer ações para melhoria da tarefa, apresentando um valor total de erro humano do procedimento igual a 1×10^{-2} .

Deste modo, foram propostas dez recomendações, com base na redução dos PSFs (fatores influenciadores) e na classificação do risco (*Energy Institute*, 2020) a fim de reduzir a probabilidade de erro humano de cada tarefa crítica e a probabilidade total de erro humano do procedimento para dentro dos limites considerados aceitáveis.

Dentre as dez recomendações propostas, três foram classificadas como controle administrativo, sendo propostas revisão do procedimento, elaboração de *check-list*, identificação e inspeção de materiais. Embora as recomendações administrativas não sejam consideradas tão robustas como os controles de engenharia, estas foram consideradas, sobretudo, devido à identificação de deficiências no procedimento atual, como instruções e proibições pouco claras, incompletas e conflitantes. Portanto, sua inclusão visa melhorar a eficácia e a segurança do sistema e foram propostas juntamente com recomendações de controle de engenharia.

As sete recomendações voltadas para um controle de engenharia, ou seja, que sugerem a melhoria do layout da unidade, instalação de intertravamentos, implementação de LOTO, barreiras de controle, entre outras, são consideradas medidas robustas na hierarquia de barreiras e adequadas para prevenir a ocorrência de falhas.

Após estas recomendações, o novo cálculo de probabilidade de erro humano das tarefas e do procedimento como um todo levaram os valores de HEP para dentro dos limites aceitáveis, adequando o valor final de erro humano para o limite mínimo igual 1×10^{-5} .

No método Nasa TLX, os elementos que apresentaram maior contribuição na carga mental de trabalho foram, respectivamente, demanda mental, nível de performance e demanda temporal. Já na Análise de Confiabilidade Humana, por meio do Petro HRA, o Tempo disponível (Demanda Temporal) aparece como um dos principais contribuintes, seguido por experiência e treinamentos (Nível de Performance) e Estresse/ Complexidade da tarefa (Demanda mental).

Esses resultados demonstram que são necessárias recomendações que reduzam o impacto da pouca disponibilidade de tempo, a carência de experiência e treinamentos/ performance e melhoria das tarefas no sentido de reduzir o estresse e a carga mental.

Deste modo, entende-se que uma melhoria das competências das equipes de emergência é importante (experiência, treinamentos, cultura de segurança), mas que estas estejam associadas a um controle robusto de design e engenharia, por se tratar de um cenário de alto nível de estresse (procedimento de emergência), que requer que o número de oportunidades para o erro seja o menor possível.

A comparação do resultado de carga mental (Método Nasa TLX) com a escolha dos níveis dos Fatores Influenciadores de Desempenho (PSF's) do Petro HRA demonstrou a importância da realização do VCP (verificação de conformidade com o procedimento) como uma das etapas da Análise de Confiabilidade Humana. Conclui-se que, caso a execução do VCP tivesse sido realizada, os resultados da pontuação dos fatores influenciadores de desempenho estariam mais próximos dos obtidos no Método Nasa TLX, pois nesta etapa, a equipe de análise teria identificado os principais fatores influenciadores que contribuem para o erro humano na visão dos operadores que executam o procedimento.



6 Referências

AHN, S. I.; KURT, R. E.; AKYUZ, E.; **Application of a SPAR-H based framework to assess human reliability during emergency response drill for man overboard on ships**. Ocean Engineering, Volume 251. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Superintendência de Segurança Operacional e Meio Ambiente (SSM). **Resumo técnico executivo do Relatório de Investigação do incidente de explosão ocorrido no FPSO Cidade de São Mateus em 11/02/2015**. Novembro, 2015.

BELL, J.; HOLROYD, J; **Review of human reliability assessment methods**. Health and Safety Laboratory. Healthy and Safety Executive, 2009.

BETIOL, Adriana. **Avaliação de usabilidade para os computadores de mão: Um estudo comparativo entre três abordagens para ensaios de interação**. Diss. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção)–UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

British Petroleum (BP). **Deepwater Horizon Accident Investigation Report**. Setembro, 2010. Disponível em: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/sustainability/issue-briefings/deepwater-horizon-accident-investigation-report.pdf>>. Acesso em: 02 de jun. de 2023.

BYE, A.; BLACKETT, C.; LAUMANN, K.; SKOGSTAD, M. R. **The Petro-HRA Guideline**. January, 2017.

CARDOSO, Mariane de Souza. **Avaliação da Carga Mental de Trabalho e o Desempenho de Métodos de Mensuração: NASA TLX e SWAT**. Diss. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas. Área de Concentração: Ergonomia). Universidade Federal de Santa Catarina (USFC), Florianópolis, 2010.

CARDOSO, Mariane de Souza. Gontijo, Leila Amaral. **Avaliação da Carga Mental de Trabalho e do Desempenho de Medidas de Mensuração: NASA TLX e SWAT**.

Departamento de Engenharia de produção, Universidade Federal de Santa Catarina (USFC), Florianópolis, 2012.

CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY (CCPS). **Human Factors Handbook for Process Plant Operations: Improving Process Safety and System Performance**. 1ª ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2019.

ENERGY INSTITUTE. **Guidance On Human Factors Safety Critical Task Analysis**. 2ª edição, Londres, Janeiro, 2020.

Occupational Safety and Health Administration (OSHA). **Identifying Hazard Control Options: The Hierarchy of Controls**. Disponível em: <
https://www.osha.gov/sites/default/files/Hierarchy_of_Controls_02.01.23_form_508_2.pdf>. Acesso em: 23 de jun. de 2023.

FABRICIO, S. A.; FERREIRA, D. D. M.; BORBA, J. A. **A Panorama of Mariana and Brumadinho Disasters: What Do We Know So Far?** Revista Eletrônica de Administração, Porto Alegre, 27(1), 128–152, 2021.

HART, S. G.; BATTISTE, V.; LESTER, P. 1. **Popcorn: A supervisory control simulation for workload and performance research**. In: ANNUAL CONFERENCE ON MANUAL CONTROL, 20., 1984, Washington. Proceedings... NASA, 1984. p. 431-454. Conference Publication 2341

HART, S. G. NASA-Task Load Index (NASA-TLX): **20 Years Later. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 50th Annual Meeting, 904-908**. Santa Monica: HFES, 2006.

HOLLNAGEL, E. Safety Culture, Safety Management, and Resilience Engineering. Association of Air Transport Engineering & Research, p. 34, 2009.

HOLLNAGEL E. **Understanding accidents - from root causes to performance variability, Human Factors and Power Plants**, 2002. Proceedings of the 2002 IEEE 7thConference on, p. 1-6, 2002.



Institute for Energy Technology (IFE). **The Petro-HRA Guideline**. 2022. Disponível em: <https://ife.no/en/project/the-petro-hra-project/>.

KHAN, F.; RATHNAYAKA, S.; AHMED, S. **Methods and models in process safety and risk management: Past, present and future**. Process Safety and Environmental Protection 98, 116–147, 2015.

MAIDA, F.G. **A confiabilidade humana em unidades de processamento de refinarias de petróleo**. 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1996.

MORAIS, C.; **Análise de confiabilidade humana de uma operação de teste de poço on-shore**. Brazilian Regulatory Agency of Petroleum, Gas and Biofuel (ANP). Novembro, 2021.

MORAIS, C., MOURA, R., K., BEER, M., PATELLI, E.; **Estimativa da probabilidade de erro humano: uma análise da utilização e pesquisa** dos métodos de confiabilidade humana, dados disponíveis e técnicas probabilísticas. Congresso Abrisco, 2019.



7 Anexos

Anexo I

A seguir são apresentadas as tabelas resumo dos fatores influenciadores de desempenho, contendo o detalhamento dos níveis PSF's, bem como as justificativas para a escolha de cada nível.

Os multiplicadores destacados em amarelo, representam os níveis escolhidos para cada fator influenciador.

Tabela Resumo dos Fatores Influenciadores de Desempenho:

Tabela resumo dos fatores influenciadores de Petro-HRA			
Instalação	Casa de bombas (FPSO Cidade São Matheus)		
Data	jun/23		
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	2. Permitir a entrada de profissionais em atmosfera inflamável confirmada		
Cenário do evento de falha humana	2.1 Omitir os alarmes de detecção e permitir a entrada de profissionais em área com atmosfera explosiva confirmada		
Analistas	Felipe, Giulia, Muara e Matheus		
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	5000		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicador	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
<i>Available time</i>	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	É mínima a disponibilidade de tempo numa situação de emergência que exige respostas rápidas e certas.
	<i>Very high negative</i>	50	
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Moderate positive</i>	0,1	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Threat stress</i>	<i>High negative</i>	25	O stress pela presença de uma atmosfera potencialmente explosiva agravada pelo ruído do alarme.
	<i>Low negative</i>	5	
	<i>Very low negative</i>	2	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Task complexity</i>	<i>Very high negative</i>	50	A leitura de LEL é de fácil interpretação.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Very low negative</i>	2	
	<i>Nominal</i>	1	

	<i>Moderate positive</i>	0,1	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Experience/training</i>	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	Ignorar o alarme dos detectores pode ser uma decisão baseada somente em crenças próprias e excesso de confiança na suas experiências.
	<i>Very high negative</i>	50	
	<i>Moderate negative</i>	15	
	<i>Low negative</i>	5	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Moderate positive</i>	0,1	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Procedures</i>	<i>Very high negative</i>	50	O fato de um detector estar alarmando dispensa é tão básico para uma emergência que dispensaria a existência de um procedimento escrito adequado sobre essa condição.
	<i>High negative</i>	20	
	<i>Low negative</i>	5	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Human-machine interface (HMI)</i>	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	A leitura de LEL em detectores é de fácil leitura e o próprio alarme fala por si só.
	<i>Very high negative</i>	50	
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Attitudes to Safety, Work and Management Support</i>	<i>Very high negative</i>	50	O operador adotou a atitude de omitir os detectores, seja por decisão própria ou constrangido pelo contexto ou sua gestão.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Teamwork</i>	<i>Very high negative</i>	50	Provavelmente a decisão de ignorar os detectores não foi tomada sozinho, mas em equipe.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Very low negative</i>	2	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Physical working environment</i>	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	Independentemente do ambiente a vazamento e presença de atmosfera explosiva já estava confirmada.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Not applicable</i>	1	



Tabela resumo dos fatores influenciadores de Petro-HRA			
Instalação	Casa de bombas (FPSO Cidade São Matheus)		
Data	jun/23		
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	3. Não eliminar o risco de fontes de ignição e cargas eletrostáticas		
Cenário do evento de falha humana	3.1 Não desligar todos os tipos de cargas elétricas		
Analistas	Felipe, Giulia, Muara e Matheus		
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	30000		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicador	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	É mínima a disponibilidade de tempo numa situação de emergência que exige respostas rápidas e certeiras.
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Threat stress	High negative	25	O risco representado por manter as cargas elétricas ligadas não tão claro.
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity	Very high negative	50	Para profissionais da área elétrica essa não é um tarefa complexa.
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Experience/training	Extremely high negative	HEP=1	Tudo indica uma baixa experiência dos operadores nesse aspecto.
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Procedures	Very high negative	50	Consideramos que a qualidade dos procedimentos é adequada.
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Nominal	1	



	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Human-machine interface (HMI)</i>	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	Nem sempre os comandos e disjuntos para desligar as cargas elétricas são de fácil acesso e só podem ser feitas profissionais da área elétrica.
	<i>Very high negative</i>	50	
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Attitudes to Safety, Work and Management Support</i>	<i>Very high negative</i>	50	A decisão de não desligar as cargas elétricas podem ser resultado de constrangimento da gestão.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Teamwork</i>	<i>Very high negative</i>	50	Provavelmente a decisão de ignorar os detectores não foi tomada sozinho, mas em equipe.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Very low negative</i>	2	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Physical working environment</i>	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	O ambiente não interfere no desligamento das cargas elétricas, exceto se para desligar fosse mandatário adentrar nele.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Not applicable</i>	1	

Tabela resumo dos fatores influenciadores de Petro-HRA			
Instalação	Casa de bombas (FPSO Cidade São Matheus)		
Data	jun/23		
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	3. Não eliminar o risco de fontes de ignição e cargas eletrostáticas		
Cenário do evento de falha humana	3.1 Utilizar equipamentos inapropriados para adentrar em possível atmosfera inflamável/explosiva.		
Analistas	Felipe, Giulia, Muara e Matheus		
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	5		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicador	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
<i>Available time</i>	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	O operador em caso de emergência e atendimento imediato à ocorrência pode não ter tempo suficiente para ter todos os equipamentos adequados para adentrar ao recinto. Além disso, em muitos casos, os equipamentos específicos podem
	<i>Very high negative</i>	50	
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Moderate positive</i>	0,1	

	<i>Not applicable</i>	1	estar fora de uso, ou em utilização por outros colaboradores.
<i>Threat stress</i>	<i>High negative</i>	25	A utilização de equipamentos de proteção individual é atividade já comum e assimiladas pelos colaboradores de maneira geral. Portanto, torna o uso de equipamentos específicos (área classificada) mais aderente e de fácil disseminação. E os operadores de maneira geral, sabem da importância
	<i>Low negative</i>	5	
	<i>Very low negative</i>	2	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Task complexity</i>	<i>Very high negative</i>	50	Como mencionado para o fator influenciador "Estresse", o uso de equipamentos de proteção é atividade comum, além disso apresenta baixa complexidade. Porém, pode exigir treinamentos específicos de identificação, avaliação e manutenção para a execução correta.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Very low negative</i>	2	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Moderate positive</i>	0,1	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Experience/training</i>	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	O operador pode ter tido o treinamento e experiência na execução da sub tarefa, mas de alguma forma alguma informação pode ter sido perdida e ele pode não ter tido a experiência suficiente neste cenário.
	<i>Very high negative</i>	50	
	<i>Moderate negative</i>	15	
	<i>Low negative</i>	5	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Moderate positive</i>	0,1	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Procedures</i>	<i>Very high negative</i>	50	O procedimento apresenta baixo nível de informações necessárias para a melhor seleção, identificação e localização dos equipamentos. Não contempla informações específicas dos equipamentos, aparentemente a informação não gera a demanda de atenção pelo treinado.
	<i>High negative</i>	20	
	<i>Low negative</i>	5	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Human-machine interface (HMI)</i>	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	Este fator influenciador de performance não é relevante para essa tarefa.
	<i>Very high negative</i>	50	
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Attitudes to Safety, Work and Management Support</i>	<i>Very high negative</i>	50	Um cenário de vazamento de gas, em um espaço confinado (casa de bombas) é uma situação geralmente apontada como crítica pelos diferentes níveis de gestão. Os operadores geralmente apresentam comportamentos positivos em relação a segurança.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	

Teamwork	Very high negative	50	A equipe apresenta bom comportamento de grupo. Durante o relatório foi apontado que as pessoas não adentraram a casa de bombas sozinhas, ou seja, sempre tiveram pessoas que acompanharam a entrada (vigia). Além disso, para garantir a integridade física dos colaboradores a inspeção foi feita em turnos e equipes diferentes.
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Physical working environment	Extremely high negative	HEP=1	O ambiente físico de trabalho não afeta o desempenho neste cenário.
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	

Tabela resumo dos fatores influenciadores de Petro-HRA			
Instalação	Casa de bombas (FPSO Cidade São Matheus)		
Data	jun/23		
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	4. Não realizar o monitoramento permanente da atmosfera em termos de concentração de gases inflamáveis e tóxicos para tomada de decisão.		
Cenário do evento de falha humana	4.1 Omitir (ignorar) os alarmes de atmosfera inflamável confirmada		
Analistas	Felipe, Giulia, Muara e Matheus		
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,05		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicador	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	O operador possui tempo suficiente para realizar a análise/leitura das informações referentes ao monitoramento das concentrações de gases. Não existe uma pressão de tempo ou de acelerar a atividade para um determinado período.
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Threat stress	High negative	25	Os operadores experimentaram certo estresse com os alarmes sonoros durante a gestão da crise. Conforme reportado no relatório de análise do acidentes, um dos motivos apontados para o silenciamento dos alarmes foi o incômodo com o barulho.
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity	Very high negative	50	A tarefa é muito simplificada e análise é muito óbvia que seria difícil um operador não a diagnosticar mal. Geralmente são sinais sonoros e visuais específicos e identificáveis.
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	

	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Experience/training	Extremely high negative	HEP=1	Os operadores geralmente apresentam vasta experiência em treinamentos simulados para estes cenários. Inclusive existem regulamentações normativas para tais simulações.
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Procedures	Very high negative	50	A qualidade dos procedimentos não é boa, não apresenta informações explícitas sobre a necessidade de manter os alarmes ligados.
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Human-machine interface (HMI)	Extremely high negative	HEP=1	As IHM's para essas tarefas são simples com baixa complexidade e fácil leitura.
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Attitudes to Safety, Work and Management Support	Very high negative	50	Neste cenário, a segurança não foi priorizada dentre outras preocupações. Além disso, teve atitudes solicitadas pela equipe de gestão de crise que são altamente negativas para a segurança.
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Teamwork	Very high negative	50	O trabalho e decisão de equipe foi utilizada de maneira negativa durante o cenário enfrentado no monitoramento das condições de gases na casa de bombas.
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Physical working environment	Extremely high negative	HEP=1	Este fator influenciador de performance não é relevante para esta tarefa.
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	

Anexo II

A seguir são apresentadas as tabelas resumo para o novo cálculo dos fatores influenciadores de desempenho, considerando as recomendações sugeridas, bem como as justificativas para a escolha de cada nível.

Os multiplicadores destacados em amarelo, representam os níveis escolhidos para cada fator influenciador. Já os multiplicadores destacados na cor azul, indicam os níveis que apresentaram redução, após a implementação das recomendações.

OBS: Consultar o anexo III para verificar quais recomendações contribuíram para a redução dos níveis atribuídos aos fatores influenciadores em cada tarefa.

Tabela Resumo dos Fatores Influenciadores de Desempenho (Novo Cálculo)



Tabela resumo dos fatores influenciadores de Petro-HRA			
Instalação	Casa de bombas (FPSO Cidade São Matheus)		
Data	21/06/2023		
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	1. Permitir a entrada de profissionais em atmosfera inflamável confirmada		
Cenário do evento de falha humana	Omitir os alarmes de detecção e permitir a entrada de profissionais em área com atmosfera explosiva confirmada		
Analistas	Felipe, Giulia, Muara e Matheus		
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,0005		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplificador	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	Não aplicável
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Threat stress	High negative	25	O stress pela presença de uma atmosfera potencialmente explosiva agravada pelo ruído do alarme.
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity	Very high negative	50	A leitura de LEL é de fácil interpretação.
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Experience/training	Extremely high negative	HEP=1	O treinamento e simulado será refeito após a revisão do procedimento que possui instruções e proibições claras, completas e não conflitantes.
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	

<i>Procedures</i>	<i>Very high negative</i>	50	O procedimento possui instruções e proibições claras, completas e não conflitantes.
	<i>High negative</i>	20	
	<i>Low negative</i>	5	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Human-machine interface (HMI)</i>	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	O sistema de LOTO na porta da casa de bombas torna o desempenho humano mais confiável
	<i>Very high negative</i>	50	
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Attitudes to Safety, Work and Management Support</i>	<i>Very high negative</i>	50	O sistema de LOTO na porta da casa de bombas não permite a entrada da casa de bombas. O procedimento que possui instruções e proibições claras de acordo com as regras de segurança.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Teamwork</i>	<i>Very high negative</i>	50	O sistema de LOTO na porta da casa de bombas não permite a entrada da casa de bombas.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Very low negative</i>	2	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Physical working environment</i>	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	Independentemente do ambiente a vazamento e presança de atmosfera explosiva já estava confirmada.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Not applicable</i>	1	



Tabela resumo dos fatores influenciadores de Petro-HRA			
Instalação	Casa de bombas (FPSO Cidade São Matheus)		
Data	21/06/2023		
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	2.1 Não desligar todos os tipos de cargas elétricas		
Cenário do evento de falha humana	Não desligar todos os tipos de cargas elétricas		
Analistas	Felipe, Giulia, Muara e Matheus		
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,0005		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicador	Fundamentação : razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	O intertravamento desligará as fontes de ignição automaticamente.
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Threat stress	High negative	25	O intertravamento desligará as fontes de ignição automaticamente.
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity	Very high negative	50	O intertravamento possibilita ser uma tarefa automática e simplificada.
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Experience/training	Extremely high negative	HEP=1	O intertravamento é uma tarefa automática e simplificada e a baixa experiência dos operadores nesse aspecto.
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Procedures	Very high negative	50	Consideramos que a qualidade dos procedimentos é adequada.
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Not applicable	1	



	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Human-machine interface (HMI)	Extremely high negative	HEP=1	O intertravamento torna o desempenho humano mais confiável
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Attitudes to Safety, Work and Management Support	Very high negative	50	O intertravamento é uma tarefa automática e simplificada.
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Teamwork	Very high negative	50	O intertravamento é uma tarefa automática e simplificada.
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Physical working environment	Extremely high negative	HEP=1	O ambiente não interfere no desligamento das cargas elétricas, exceto se para desligar fosse mandatório adentrar nele.
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	

Tabela resumo dos fatores influenciadores de Petro-HRA			
Instalação	Casa de bombas (FPSO Cidade São Matheus)		
Data	21/06/2023		
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	2.2. Utilizar equipamentos inapropriados para adentrar em possível atmosfera inflamável/explosiva.		
Cenário do evento de falha humana	Utilizar equipamentos inapropriados para adentrar em possível atmosfera inflamável/explosiva.		
Analistas	Felipe, Giulia, Muara e Matheus		
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,000125		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplificador	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	O operador em caso de emergência e atendimento imediato à ocorrência não precisará de tempo para escolha de equipamentos adequados pois somente equipamentos apropriados estarão disponíveis.
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	



	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Threat stress	High negative	25	A utilização de equipamentos de proteção individual é atividade já comum e assimiladas pelos colaboradores de maneira geral. Portanto, torna o uso de equipamentos específicos (área classificada) mais aderente e de fácil disseminação. E os operadores de maneira geral, sabem da importância
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity	Very high negative	50	O operador em caso de emergência e atendimento imediato à ocorrência somente possuirá equipamentos apropriados disponíveis, reduzindo a complexidade da tarefa.
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Experience/training	Extremely high negative	HEP=1	O operador pode ter tido o treinamento e experiência na execução da sub tarefa, mas de alguma forma alguma informação pode ter sido perdida e ele pode não ter tido a experiência suficiente neste cenário.
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Procedures	Very high negative	50	O operador em caso de emergência e atendimento imediato à ocorrência somente possuirá equipamentos apropriados disponíveis, sendo atendida as recomendações do procedimento.
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Human-machine interface (HMI)	Extremely high negative	HEP=1	Este fator influenciador de performance não é relevante para essa tarefa.
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	

	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Attitudes to Safety, Work and Management Support</i>	<i>Very high negative</i>	50	Um cenário de vazamento de gas, em um espaço confinado (casa de bombas) é uma situação geralmente apontada como crítica pelos diferentes níveis de gestão. Os operadores geralmente apresentam comportamentos positivos em relação a segurança.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Teamwork</i>	<i>Very high negative</i>	50	A equipe apresenta bom comportamento de grupo. Durante o relatório foi apontado que as pessoas não adentraram a casa de bombas sozinhas, ou seja, sempre tiveram pessoas que acompanharam a entrada (vigia). Além disso, para garantir a integridade física dos colaboradores a inspeção foi feita em turnos e equipes diferentes.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Very low negative</i>	2	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Physical working environment</i>	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	O ambiente físico de trabalho não afeta o desempenho neste cenário.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Not applicable</i>	1	

Tabela resumo dos fatores influenciadores de Petro-HRA			
Instalação	Casa de bombas (FPSO Cidade São Matheus)		
Data	21/06/2023		
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	3. Não realizar o monitoramento permanente da atmosfera em termos de concentração de gases inflamáveis e tóxicos para tomada de decisão.		
Cenário do evento de falha humana	Omitir (ignorar) os alarmes de atmosfera inflamável confirmada		
Analistas	Felipe, Giulia, Muara e Matheus		
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,00125		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicador	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
<i>Available time</i>	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	O operador possui tempo suficiente para realizar a análise/leitura das informações referentes ao monitoramento das concentrações de gases. Não existe uma pressão de tempo ou de acelerar a atividade para um determinado período.
	<i>Very high negative</i>	50	
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Moderate positive</i>	0,1	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Threat stress</i>	<i>High negative</i>	25	Os operadores experimentaram certo estresse com os alarmes sonoros durante a gestão da crise. Conforme reportado no relatório de análise do acidentes, um dos motivos apontados para o
	<i>Low negative</i>	5	

	Very low negative	2	silenciamento dos alarmes foi o incômodo com o barulho.
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity	Very high negative	50	A tarefa é muito simplificada e análise é muito óbvia que seria difícil um operador não a diagnosticar mal. Geralmente são sinais sonoros e visuais específicos e identificáveis.
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Experience/training	Extremely high negative	HEP= 1	Os operadores geralmente apresentam vasta experiência em treinamentos simulados para estes cenários. Inclusive existem regulamentações normativas para tais simulações.
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Procedures	Very high negative	50	O procedimento de resposta à emergência deve deixar claro que é proibido ignorar alarmes e realizar bypass de detectores fixos quando o nível de votação é atingido.
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Human-machine interface (HMI)	Extremely high negative	HEP= 1	As IHM's para essas tarefas são simples com baixa complexidade e fácil leitura.
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	



<i>Attitudes to Safety, Work and Management Support</i>	<i>Very high negative</i>	50	Neste cenário, a segurança não foi priorizada dentre outras preocupações. Além disso, teve atitudes solicitadas pela equipe de gestão de crise que são altamente negativas para a segurança.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Teamwork</i>	<i>Very high negative</i>	50	O trabalho e decisão de equipe foi utilizada de maneira negativa durante o cenário enfrentado no monitoramento das condições de gases na casa de bombas.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Very low negative</i>	2	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Physical working environment</i>	<i>Extremely high negative</i>	HEP= 1	Este fator influenciador de performance não é relevante para esta tarefa.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Not applicable</i>	1	

Anexo III

A Tabela Resumo contendo todo o detalhamento da análise de confiabilidade humana, desde a análise hierárquica das tarefas, recomendações sugeridas para a redução do nível dos fatores influenciadores e o cálculo de redução da probabilidade do erro humano, com base nas recomendações propostas.

Resultados							
Tarefa	Descrição	Detalhe	Erro humano	Classificação da criticidade	Tipo de erro/ Classificação	Fator Influenciador	Probabilidade de Erro Humano (HEP)
0. Entrar na casa de bombas com vazamento de gás confirmado somente após a leituras retornarem para patamar igual ou inferior a 1% do LIL/LIE em todos os sensores fixos da casa de bombas e nas leituras com detector portátil							5,00E-02
1. Manter o sistema de ventilação operando				Prioridade Baixa (Não é Tarefa Crítica)			
2. Não permitir a entrada de profissionais em atmosfera inflamável confirmada		2.1 Omitir (ignorar) os alarmes de atmosfera inflamável confirmada	Erro de Decisão: D2 - decisão incorreta baseada na informação certa	Prioridade Alta (Tarefa Crítica)	Erro de Conhecimento/Cognição: Erro	Tempo Disponível = Very high negative - 50 Experiência/Treinamento = Very high negative - 50 Interface Humana-Máquina = Nominal - 1 Atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão = Moderate negative -10 Trabalho em Equipe = Moderate negative - 10	1,00E+00
3. Eliminar o risco de fontes de ignição e cargas eletrostáticas	3.1 Desligar todos os tipos de cargas elétricas	3.1 Não desligar todos os tipos de cargas elétricas	Erros de ação A8 - Operação omitida ou A9 - Operação incompleta	Prioridade Média (Tarefa Crítica)	Erro de Ação: Deslize	Tempo Disponível = Very high negative - 50 Estresse = Very Low negative - 2 Complexidade da Tarefa = Very Low negative - 2 Experiência/Treinamento = Moderate negative - 15 Interface Humana - Máquina = Moderate negative -10 Atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão = Moderate negative -10 Trabalho em Equipe = Moderate negative - 10	1,00E+00
	3.2 Utilizar equipamentos apropriados para adentrar em possível atmosfera inflamável/explosiva.	3.2. Utilizar equipamentos inapropriados para adentrar em possível atmosfera inflamável/explosiva.	Erro de seleção S2 - Seleção errada feita (Ex: compra de material inadequado para combate a incêndio em possível atmosfera explosiva)	Prioridade Alta (Tarefa Crítica)	Erro de Conhecimento/Cognição: Erro	Tempo Disponível = Moderate negative - 50 Complexidade da Tarefa = Very low negative - 2 Experiência/Treinamento = Low negative - 5 Procedimentos = High negative -20	1,00E+00
4. Realizar o monitoramento permanente da atmosfera em termos de concentração de gases inflamáveis e tóxicos para tomada de decisão.		4.1. Omitir (bypass) os alarmes de atmosfera inflamável confirmada	Erro de Decisão: D2 - decisão incorreta baseada na informação certa	Prioridade Alta (Tarefa Crítica)	Erro de Conhecimento/Cognição: Erro	Estresse = Low negative - 5 Procedimentos = High negative - 20 Atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão = Very high negative -50	5,00E-02



CÁLCULO DO ERRO HUMANO CONSIDERANDO AS MEDIDAS DE REDUÇÃO						
Tarefa	Descrição	Detalhe	Tipo de erro/ Classificação	Medidas de Redução	Fator Influenciador (Novo Cálculo)	Novo Cálculo Probabilidade de Erro Humano (HEP)
0. Entrar na casa de bombas com vazamento de gás confirmado somente após a leituras retornarem para patamar igual ou inferior a 1% do LII/LIE em todos os sensores fixos da casa de bombas e nas leituras com detector portátil						1,00E-05
1. Manter o sistema de ventilação operando						
2. Não permitir a entrada de profissionais em atmosfera inflamável confirmada		2.1 Omitir (ignorar) os alarmes de atmosfera inflamável confirmada	Erro de Conhecimento/Cognição: Erro	2.1.1 Instalar sistema de LOTO (lock out - tag out) na porta da casa de bombas para que apenas seja permitida a abertura da porta após a confirmação de leituras iguais ou inferiores a 1% do LII/LIE nos sensores fixos da casa de bombas, obedecendo a filosofia de votação. 2.1.2 Instalar sistema de monitoramento de desvio do processo anti-reset, caso a variável controlada permaneça em desvio o sistema aciona novamente com escalonamento da informação (elevação do nível de informação e comunicação). 2.1.3 Realizar o VCP e revisar o procedimento de resposta à emergência, com base nos resultados do VCP, nos diversos níveis de resposta, incluindo instruções e proibições mais claras, completas e não conflitantes, como por exemplo: quais os equipamentos (portáteis e fixos) devem ser utilizados para o controle de atmosfera e em quais momentos; possuir ordem de etapas bem definidas; deixar claro que o monitoramento deverá ser durante todo o tempo; incluir treinamento e simulado com a brigada de emergência, equipe de manutenção, operadores e lideranças.	Tempo Disponível = Not applicable - 1 Experiência/Treinamento = Moderate positive - 0,1 Procedimento = Low positive - 0,5 Interface Humana-Máquina = Low positive - 0,5 Atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão = Not applicable - 1 Trabalho em Equipe = Not applicable - 1	5,00E-04
3. Eliminar o risco de fontes de ignição e cargas eletrostáticas	3.1 Desligar todos os tipos de cargas elétricas	3.1 Não desligar todos os tipos de cargas elétricas	Erro de Ação: Deslize	3.1.1 Instalar intertravamento automático para o desligamento das fontes de ignição da casa de bombas após a confirmação de vazamento de gás pela lógica de votação dos detectores fixos, levando ao ESD (emergency shutdown). 3.1.2 Elaborar e implementar check-list com passos sequenciais, contendo todos os itens a serem desligados na casa de bombas em caso de vazamento de gás com identificação clara e acessível e fácil acesso e manuseio pelo operador.	Tempo Disponível = Not applicable - 1 Estresse = Nominal - 1 Complexidade da Tarefa = Moderate positive - 0,1 Experiência/Treinamento = Not applicable - 1 Interface Humana - Máquina = Low positive -0,5 Atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão = Not applicable - 1 Trabalho em Equipe = Not applicable - 1	5,00E-04
	3.2 Utilizar equipamentos apropriados para adentrar em possível atmosfera inflamável/explosiva.	3.2. Utilizar equipamentos inapropriados para adentrar em possível atmosfera inflamável/explosiva.	Erro de Conhecimento/Cognição: Erro	3.2.1 Disponibilizar somente mangueiras, equipamentos de combate a incêndio e ferramentas de manutenção adequadas e não condutores em locais de áreas classificadas. 3.2.2 Bloqueio sistêmico para a compra de determinados equipamentos/ferramentas de área classificada para determinado centro de custos. 3.2.3 Identificar com cores diferentes os equipamentos/ ferramentas homologadas para área classificada e realizar rotinas de inspeção nas áreas verificando as suas utilizações.	Tempo Disponível = Moderate positive -1 Complexidade da Tarefa = Moderate positive -1 Procedimentos = Nominal -1	1,25E-04
4. Realizar o monitoramento permanente da atmosfera em termos de concentração de gases inflamáveis e tóxicos para tomada de decisão.		4.1. Omitir (bypass) os alarmes de atmosfera inflamável confirmada	Erro de Conhecimento/Cognição: Erro	4.1.1 Instalar na casa de bombas câmeras de infravermelho (termográficas) com sistema de processamento de imagens integrado, conectadas ao sistema fechado de vídeo (CFTV) da unidade alarmando no supervisão em caso de detecção de gás e levando a ESD (emergency shutdown) a partir de certo volume de gás identificado. 4.1.2 Criar no PLC lista controlada de usuários habilitados para a realização de algumas operações, como inabilitar alarmes e sensores críticos através de senha e/ou acesso controlado.	Procedimentos = Low positive - 0,1	1,25E-03



Anexo IV

Questionário do Nasa TLX.

Entrevistado 1:

Questionário Nasa TLX

Caracterização dos dados pessoais dos colaboradores:

Idade:	até 29 anos () de 30 à 39 anos (X) A partir de 40 anos ()	
Sexo:	Masculino (X) Feminino ()	
Peso:	Até 70 Kg () de 71 a 80 Kg () Mais de 80 Kg (X)	
Altura:	Até 1,70 m () De 1,71 a 1,80 m (X) Mais de 1,80 m ()	
Mão dominante:	Direita (X) Esquerda ()	
Escolaridade:	Ensino Fundamental () Ensino Médio (X) Ensino Superior ()	
Doença nos últimos 12 meses:	Sim () Não (X)	
Afastamento:	Sim () Não (X)	Descreva quais:
Sintoma LER/DORT (Lesão por Esforço repetitivo e/ou Distúrbios osteomusculares Relacionados ao Trabalho)	Nunca sentiu (X) Sentiu ()	Descreva quais:
Fumante	Sim () Não (X)	
Atividade Esportiva:	Pratica (X) Não Pratica ()	Descreva quais:
Atividade extra profissional:	Realiza () Não realiza (X)	Descreva quais:

Questionário Nasa TLX

Questionário:

1. Permitir/não permitir colaboradores adentrar a casa de bombas em atmosfera explosiva

Título	Descrição	Porcentagem										Onde
Demanda Mental (MD)	(ex: pensar, decidir, calcular, lembrar, observar, pesquisar, etc)? A tarefa é fácil ou difícil, simples ou complexa, exigente ou indulgente?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Demanda física (PD)	O quanto a atividade física é requerida (ex: empurrar, puxar, girar, controlar, ativar)? A tarefa é fácil ou difícil, lenta ou rápida, calma ou extenuante, repousante ou trabalhosa?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Demanda Temporal (TD)	Quanta pressão temporal você sente devido à taxa ou ritmo em que as tarefas ou elementos das tarefas ocorram? O ritmo é lento e calmo ou rápido e frenético?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Performance/ Desempenho (OP)	Quão bem sucedido você acha que esteve em realizar os objetivos da tarefa proposta? Ficou satisfeito com o seu desempenho no cumprimento desses objetivos?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Esforço (EF)	Quão difícil foi realizar o trabalho (mentalmente e fisicamente) para alcançar o seu nível de desempenho?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Frustração (FR)	Quão inseguro, desanimado, irritado, estressado e irritado contra seguro, gratificado, contente, relaxado e satisfeito consigo você sente com a tarefa?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta

Fonte: Hart & Staveland, 1988.

Comparação de escalas - binárias:

Qual elemento contribui mais para a carga de trabalho na tarefa? Selecione o fator que mais pesou durante a realização:			
1 Demanda mental	(X)	()	Demanda física
2 Demanda temporal	()	(X)	Demanda física
3 Demanda temporal	(X)	()	Nível de frustração
4 Demanda temporal	()	(X)	Demanda mental
5 Performance (desempenho)	(X)	()	Demanda física
6 Demanda temporal	(X)	()	Esforço (empenho)
7 Performance (desempenho)	(X)	()	Demanda mental
8 Nível de frustração	()	(X)	Demanda física
9 Performance (desempenho)	(X)	()	Nível de frustração
10 Nível de frustração	()	(X)	Demanda mental
11 Esforço (empenho)	(X)	()	Demanda física
12 Performance (desempenho)	()	(X)	Esforço (empenho)
13 Esforço (empenho)	()	(X)	Demanda mental
14 Demanda temporal	()	(X)	Performance (desempenho)
15 Esforço (empenho)	(X)	()	Nível de frustração

Questionário Nasa TLX

Questionário:

2. Eliminar/não eliminar as fontes de ignição e/ou utilizar equipamentos com a possibilidade de gerar fonte de ignição

Título	Descrição	Porcentagem										Onde
Demanda Mental (MD)	O quanto a atividade mental e de percepção é requerida (ex: pensar, decidir, calcular, lembrar, observar, pesquisar, etc)? A tarefa é fácil ou difícil, simples ou complexa, exigente ou indulgente?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Demanda física (PD)	O quanto a atividade física é requerida (ex: empurrar, puxar, girar, controlar, ativar)? A tarefa é fácil ou difícil, lenta ou rápida, calma ou extenuante, repousante ou trabalhosa?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Demanda Temporal (TD)	Quanta pressão temporal você sente devido à taxa ou ritmo em que as tarefas ou elementos das tarefas ocorram? O ritmo é lento e calmo ou rápido e frenético?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Performance/ Desempenho (OP)	Quão bem sucedido você acha que esteve em realizar os objetivos da tarefa proposta? Ficou satisfeito com o seu desempenho no cumprimento desses objetivos?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Esforço (EF)	Quão difícil foi realizar o trabalho (mentalmente e fisicamente) para alcançar o seu nível de desempenho?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Frustração (FR)	Quão inseguro, desanimado, irritado, estressado e irritado contra seguro, gratificado, contente, relaxado e satisfeito consigo você sente com a tarefa?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta

Fonte: Hart & Staveland, 1988.

Comparação de escalas - binárias:

Qual elemento contribui mais para a carga de trabalho na tarefa? Selecione o fator que mais pesou durante a realização:			
1 Demanda mental	(X)	()	Demanda física
2 Demanda temporal	(X)	()	Demanda física
3 Demanda temporal	(X)	()	Nível de frustração
4 Demanda temporal	()	(X)	Demanda mental
5 Performance (desempenho)	(X)	()	Demanda física
6 Demanda temporal	()	(X)	Esforço (empenho)
7 Performance (desempenho)	()	(X)	Demanda mental
8 Nível de frustração	(X)	()	Demanda física
9 Performance (desempenho)	(X)	()	Nível de frustração
10 Nível de frustração	()	(X)	Demanda mental
11 Esforço (empenho)	(X)	()	Demanda física
12 Performance (desempenho)	()	(X)	Esforço (empenho)
13 Esforço (empenho)	()	(X)	Demanda mental
14 Demanda temporal	()	(X)	Performance (desempenho)
15 Esforço (empenho)	()	(X)	Nível de frustração

Questionário Nasa TLX

Questionário:

3. Realizar/não realizar o monitoramento de atmosfera explosiva (concentração de gases)

Título	Descrição	Porcentagem										Onde
Demanda Mental (MD)	O quanto a atividade mental e de percepção é requerida (ex: pensar, decidir, calcular, lembrar, observar, pesquisar, etc)? A tarefa é fácil ou difícil, simples ou complexa, exigente ou indulgente?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Demanda física (PD)	O quanto a atividade física é requerida (ex: empurrar, puxar, girar, controlar, ativar)? A tarefa é fácil ou difícil, lenta ou rápida, calma ou extenuante, repousante ou trabalhosa?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Demanda Temporal (TD)	Quanta pressão temporal você sente devido à taxa ou ritmo em que as tarefas ou elementos das tarefas ocorram? O ritmo é lento e calmo ou rápido e frenético?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Performance/ Desempenho (OP)	Quão bem sucedido você acha que esteve em realizar os objetivos da tarefa proposta? Ficou satisfeito com o seu desempenho no cumprimento desses objetivos?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Esforço (EF)	Quão difícil foi realizar o trabalho (mentalmente e fisicamente) para alcançar o seu nível de desempenho?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Frustração (FR)	Quão inseguro, desanimado, irritado, estressado e irritado contra seguro, gratificado, contente, relaxado e satisfeito consigo você sente com a tarefa?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta

Fonte: Hart & Staveland, 1988.

Comparação de escalas - binárias:

Qual elemento contribui mais para a carga de trabalho na tarefa? Selecione o fator que mais pesou durante a realização:			
1 Demanda mental	()	(X)	Demanda física
2 Demanda temporal	(X)	()	Demanda física
3 Demanda temporal	(X)	()	Nível de frustração
4 Demanda temporal	()	(X)	Demanda mental
5 Performance (desempenho)	(X)	()	Demanda física
6 Demanda temporal	()	(X)	Esforço (empenho)
7 Performance (desempenho)	(X)	()	Demanda mental
8 Nível de frustração	()	(X)	Demanda física
9 Performance (desempenho)	(X)	()	Nível de frustração
10 Nível de frustração	()	(X)	Demanda mental
11 Esforço (empenho)	(X)	()	Demanda física
12 Performance (desempenho)	(X)	()	Esforço (empenho)
13 Esforço (empenho)	()	(X)	Demanda mental
14 Demanda temporal	()	(X)	Performance (desempenho)
15 Esforço (empenho)	(X)	()	Nível de frustração

Entrevistado 2:

Questionário Nasa TLX

Caracterização dos dados pessoais dos colaboradores:

Idade:	até 29 anos () de 30 à 39 anos () A partir de 40 anos (X)	
Sexo:	Masculino () Feminino (X)	
Peso:	Até 70 Kg (X) de 71 a 80 Kg () Mais de 80 Kg ()	
Altura:	Até 1,70 m (X) De 1,71 a 1,80 m () Mais de 1,80 m ()	
Mão dominante:	Direita (X) Esquerda ()	
Escolaridade:	Ensino Fundamental () Ensino Médio () Ensino Superior (X)	
Doença nos últimos 12 meses:	Sim () Não (X)	
Afastamento:	Sim () Não (X)	Descreva quais:
Sintoma LER/DORT (Lesão por Esforço repetitivo e/ou Distúrbios osteomusculares Relacionados ao Trabalho)	Nunca sentiu (X) Sentiu ()	Descreva quais:
Fumante	Sim () Não (X)	
Atividade Esportiva:	Pratica () Não Pratica (X)	Descreva quais:
Atividade extra profissional:	Realiza () Não realiza (X)	Descreva quais:



Questionário Nasa TLX

Questionário:

1. Permitir/não permitir colaboradores adentrar a casa de bombas em atmosfera explosiva

Título	Descrição	Porcentagem										Onde
Demanda Mental (MD)	(ex: pensar, decidir, calcular, lembrar, observar, pesquisar, etc)? A tarefa é fácil ou difícil, simples ou complexa, exigente ou indulgente?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Demanda física (PD)	O Quanto a atividade física é requerida (ex: empurrar, puxar, girar, controlar, ativar)? A tarefa é fácil ou difícil, lenta ou rápida, calma ou extenuante, repousante ou trabalhosa?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Demanda Temporal (TD)	Quanta pressão temporal você sente devido à taxa ou ritmo em que as tarefas ou elementos das tarefas ocorram? O ritmo é lento e calmo ou rápido e frenético?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Performance/ Desempenho (OP)	Quão bem sucedido você acha que esteve em realizar os objetivos da tarefa proposta? Ficou satisfeito com o seu desempenho no cumprimento desses objetivos?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Esforço (EF)	Quão difícil foi realizar o trabalho (mentalmente e fisicamente) para alcançar o seu nível de desempenho?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Frustração (FR)	Quão inseguro, desanimado, irritado, estressado e irritado contra seguro, gratificado, contente, relaxado e satisfeito consigo você sente com a tarefa?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta

Fonte: Hart & Staveland, 1988.

Comparação de escalas - binárias:

Qual elemento contribui mais para a carga de trabalho na tarefa? Selecione o fator que mais pesou durante a realização:			
1 Demanda mental	(X)	()	Demanda física
2 Demanda temporal	(X)	()	Demanda física
3 Demanda temporal	(X)	()	Nível de frustração
4 Demanda temporal	()	(X)	Demanda mental
5 Performance (desempenho)	(X)	()	Demanda física
6 Demanda temporal	(X)	()	Esforço (empenho)
7 Performance (desempenho)	()	(X)	Demanda mental
8 Nível de frustração	(X)	()	Demanda física
9 Performance (desempenho)	()	(X)	Nível de frustração
10 Nível de frustração	()	(X)	Demanda mental
11 Esforço (empenho)	(X)	()	Demanda física
12 Performance (desempenho)	(X)	()	Esforço (empenho)
13 Esforço (empenho)	()	(X)	Demanda mental
14 Demanda temporal	(X)	()	Performance (desempenho)
15 Esforço (empenho)	()	(X)	Nível de frustração

Questionário Nasa TLX

Questionário:

2. Eliminar/não eliminar as fontes de ignição e/ou utilizar equipamentos com a possibilidade de gerar fonte de ignição

Título	Descrição	Porcentagem										Onde
Demanda Mental (MD)	O quanto a atividade mental e de percepção é requerida (ex: pensar, decidir, calcular, lembrar, observar, pesquisar, etc)? A tarefa é fácil ou difícil, simples ou complexa, exigente ou indulgente?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Demanda física (PD)	O Quanto a atividade física é requerida (ex: empurrar, puxar, girar, controlar, ativar)? A tarefa é fácil ou difícil, lenta ou rápida, calma ou extenuante, repousante ou trabalhosa?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Demanda Temporal (TD)	Quanta pressão temporal você sente devido à taxa ou ritmo em que as tarefas ou elementos das tarefas ocorram? O ritmo é lento e calmo ou rápido e frenético?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Performance/ Desempenho (OP)	Quão bem sucedido você acha que esteve em realizar os objetivos da tarefa proposta? Ficou satisfeito com o seu desempenho no cumprimento desses objetivos?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Esforço (EF)	Quão difícil foi realizar o trabalho (mentalmente e fisicamente) para alcançar o seu nível de desempenho?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Frustração (FR)	Quão inseguro, desanimado, irritado, estressado e irritado contra seguro, gratificado, contente, relaxado e satisfeito consigo você sente com a tarefa?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta

Fonte: Hart & Staveland, 1988.

Comparação de escalas - binárias:

Qual elemento contribui mais para a carga de trabalho na tarefa? Selecione o fator que mais pesou durante a realização:			
1 Demanda mental	(X)	()	Demanda física
2 Demanda temporal	(X)	()	Demanda física
3 Demanda temporal	()	(X)	Nível de frustração
4 Demanda temporal	()	(X)	Demanda mental
5 Performance (desempenho)	(X)	()	Demanda física
6 Demanda temporal	(X)	()	Esforço (empenho)
7 Performance (desempenho)	()	(X)	Demanda mental
8 Nível de frustração	(X)	()	Demanda física
9 Performance (desempenho)	()	(X)	Nível de frustração
10 Nível de frustração	()	(X)	Demanda mental
11 Esforço (empenho)	(X)	()	Demanda física
12 Performance (desempenho)	(X)	()	Esforço (empenho)
13 Esforço (empenho)	()	(X)	Demanda mental
14 Demanda temporal	(X)	()	Performance (desempenho)
15 Esforço (empenho)	()	(X)	Nível de frustração



Questionário Nasa TLX

Questionário:

3. Realizar/não realizar o monitoramento de atmosfera explosiva (concentração de gases)

Título	Descrição	Porcentagem										Onde
Demanda Mental (MD)	O quanto a atividade mental e de percepção é requerida (ex: pensar, decidir, calcular, lembrar, observar, pesquisar, etc)? A tarefa é fácil ou difícil, simples ou complexa, exigente ou indulgente?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Demanda física (PD)	O Quanto a atividade física é requerida (ex: empurrar, puxar, girar, controlar, ativar)? A tarefa é fácil ou difícil, lenta ou rápida, calma ou extenuante, repousante ou trabalhosa?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Demanda Temporal (TD)	Quanta pressão temporal você sente devido à taxa ou ritmo em que as tarefas ou elementos das tarefas ocorram? O ritmo é lento e calmo ou rápido e frenético?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Performance/ Desempenho (OP)	Quão bem sucedido você acha que esteve em realizar os objetivos da tarefa proposta? Ficou satisfeito com o seu desempenho no cumprimento desses objetivos?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Esforço (EF)	Quão difícil foi realizar o trabalho (mentalmente e fisicamente) para alcançar o seu nível de desempenho?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Frustração (FR)	Quão inseguro, desanimado, irritado, estressado e irritado contra seguro, gratificado, contente, relaxado e satisfeito consigo você sente com a tarefa?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta

Fonte: Hart & Staveland, 1988.

Comparação de escalas - binárias:

Qual elemento contribui mais para a carga de trabalho na tarefa? Selecione o fator que mais pesou durante a realização:			
1 Demanda mental	(X)	()	Demanda física
2 Demanda temporal	(X)	()	Demanda física
3 Demanda temporal	(X)	()	Nível de frustração
4 Demanda temporal	()	(X)	Demanda mental
5 Performance (desempenho)	(X)	()	Demanda física
6 Demanda temporal	(X)	()	Esforço (empenho)
7 Performance (desempenho)	()	(X)	Demanda mental
8 Nível de frustração	(X)	()	Demanda física
9 Performance (desempenho)	()	(X)	Nível de frustração
10 Nível de frustração	()	(X)	Demanda mental
11 Esforço (empenho)	(X)	()	Demanda física
12 Performance (desempenho)	(X)	()	Esforço (empenho)
13 Esforço (empenho)	()	(X)	Demanda mental
14 Demanda temporal	()	(X)	Performance (desempenho)
15 Esforço (empenho)	(X)	()	Nível de frustração

Entrevistado 3:

Questionário Nasa TLX

Caracterização dos dados pessoais dos colaboradores:

Idade:	até 29 anos () de 30 à 39 anos () A partir de 40 anos (X)	
Sexo:	Masculino (X) Feminino ()	
Peso:	Até 70 Kg () de 71 a 80 Kg () Mais de 80 Kg (X)	
Altura:	Até 1,70 m () De 1,71 a 1,80 m () Mais de 1,80 m (X)	
Mão dominante:	Direita (X) Esquerda ()	
Escolaridade:	Ensino Fundamental () Ensino Médio () Ensino Superior (X)	
Doença nos últimos 12 meses:	Sim () Não (X)	
Afastamento:	Sim () Não (X)	Descreva quais:
Sintoma LER/DORT (Lesão por Esforço repetitivo e/ou Distúrbios osteomusculares Relacionados ao Trabalho)	Nunca sentiu (X) Sentiu ()	Descreva quais:
Fumante	Sim (X) Não ()	
Atividade Esportiva:	Prática (X) Não Prática ()	Descreva quais: Ciclismo e academia
Atividade extra profissional:	Realiza () Não realiza (X)	Descreva quais:



Questionário Nasa TLX

Questionário:

1. Permitir/não permitir colaboradores adentrar a casa de bombas em atmosfera explosiva

Título	Descrição	Porcentagem										Onde
Demanda Mental (MD)	(ex: pensar, decidir, calcular, lembrar, observar, pesquisar, etc)? A tarefa é fácil ou difícil, simples ou complexa, exigente ou indulgente?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
	O Quanto a atividade física é requerida (ex: empurrar, puxar, girar, controlar, ativar)? A tarefa é fácil ou difícil, lenta ou rápida, calma ou extenuante, repousante ou trabalhosa?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Demanda física (PD)	Quanta pressão temporal você sente devido à taxa ou ritmo em que as tarefas ou elementos das tarefas ocorram? O ritmo é lento e calmo ou rápido e frenético?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Demanda Temporal (TD)	Quão bem sucedido você acha que esteve em realizar os objetivos da tarefa proposta? Ficou satisfeito com o seu desempenho no cumprimento desses objetivos?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Performance/ Desempenho (OP)	Quão difícil foi realizar o trabalho (mentalmente e fisicamente) para alcançar o seu nível de desempenho?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Esforço (EF)	Quão inseguro, desanimado, irritado, estressado e irritado contra seguro, gratificado, contente, relaxado e satisfeito consigo você sente com a tarefa?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Frustração (FR)		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta

Fonte: Hart & Staveland, 1988.

Comparação de escalas - binárias:

Qual elemento contribui mais para a carga de trabalho na tarefa? Selecione o fator que mais pesou durante a realização:				
1 Demanda mental	(X)	()	Demanda física	
2 Demanda temporal	(X)	()	Demanda física	
3 Demanda temporal	()	(X)	Nível de frustração	
4 Demanda temporal	()	(X)	Demanda mental	
5 Performance (desempenho)	(X)	()	Demanda física	
6 Demanda temporal	()	(X)	Esforço (empenho)	
7 Performance (desempenho)	()	(X)	Demanda mental	
8 Nível de frustração	()	(X)	Demanda física	
9 Performance (desempenho)	(X)	()	Nível de frustração	
10 Nível de frustração	()	(X)	Demanda mental	
11 Esforço (empenho)	(X)	()	Demanda física	
12 Performance (desempenho)	()	(X)	Esforço (empenho)	
13 Esforço (empenho)	()	(X)	Demanda mental	
14 Demanda temporal	()	(X)	Performance (desempenho)	
15 Esforço (empenho)	(X)	()	Nível de frustração	

Questionário Nasa TLX

Questionário:

2. Eliminar/não eliminar as fontes de ignição e/ou utilizar equipamentos com a possibilidade de gerar fonte de ignição

Título	Descrição	Porcentagem										Onde
Demanda Mental (MD)	O quanto a atividade mental e de percepção é requerida (ex: pensar, decidir, calcular, lembrar, observar, pesquisar, etc)? A tarefa é fácil ou difícil, simples ou complexa, exigente ou indulgente?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
	O Quanto a atividade física é requerida (ex: empurrar, puxar, girar, controlar, ativar)? A tarefa é fácil ou difícil, lenta ou rápida, calma ou extenuante, repousante ou trabalhosa?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Demanda física (PD)	Quanta pressão temporal você sente devido à taxa ou ritmo em que as tarefas ou elementos das tarefas ocorram? O ritmo é lento e calmo ou rápido e frenético?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Demanda Temporal (TD)	Quão bem sucedido você acha que esteve em realizar os objetivos da tarefa proposta? Ficou satisfeito com o seu desempenho no cumprimento desses objetivos?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Performance/ Desempenho (OP)	Quão difícil foi realizar o trabalho (mentalmente e fisicamente) para alcançar o seu nível de desempenho?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Esforço (EF)	Quão inseguro, desanimado, irritado, estressado e irritado contra seguro, gratificado, contente, relaxado e satisfeito consigo você sente com a tarefa?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Frustração (FR)		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta

Fonte: Hart & Staveland, 1988.

Comparação de escalas - binárias:

Qual elemento contribui mais para a carga de trabalho na tarefa? Selecione o fator que mais pesou durante a realização:				
1 Demanda mental	(X)	()	Demanda física	
2 Demanda temporal	(X)	()	Demanda física	
3 Demanda temporal	(X)	()	Nível de frustração	
4 Demanda temporal	()	(X)	Demanda mental	
5 Performance (desempenho)	(X)	()	Demanda física	
6 Demanda temporal	()	(X)	Esforço (empenho)	
7 Performance (desempenho)	(X)	()	Demanda mental	
8 Nível de frustração	()	(X)	Demanda física	
9 Performance (desempenho)	(X)	()	Nível de frustração	
10 Nível de frustração	()	(X)	Demanda mental	
11 Esforço (empenho)	(X)	()	Demanda física	
12 Performance (desempenho)	()	(X)	Esforço (empenho)	
13 Esforço (empenho)	()	(X)	Demanda mental	
14 Demanda temporal	()	(X)	Performance (desempenho)	
15 Esforço (empenho)	(X)	()	Nível de frustração	

Questionário Nasa TLX

Questionário:

3. Realizar/não realizar o monitoramento de atmosfera explosiva (concentração de gases)

Título	Descrição	Porcentagem										Onde
Demanda Mental (MD)	O quanto a atividade mental e de percepção é requerida (ex: pensar, decidir, calcular, lembrar, observar, pesquisar, etc)? A tarefa é fácil ou difícil, simples ou complexa, exigente ou indulgente?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Demanda física (PD)	O quanto a atividade física é requerida (ex: empurrar, puxar, girar, controlar, ativar)? A tarefa é fácil ou difícil, lenta ou rápida, calma ou extenuante, repousante ou trabalhosa?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Demanda Temporal (TD)	Quanta pressão temporal você sente devido à taxa ou ritmo em que as tarefas ou elementos das tarefas ocorram? O ritmo é lento e calmo ou rápido e frenético?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Performance/ Desempenho (OP)	Quão bem sucedido você acha que esteve em realizar os objetivos da tarefa proposta? Ficou satisfeito com o seu desempenho no cumprimento desses objetivos?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Esforço (EF)	Quão difícil foi realizar o trabalho (mentalmente e fisicamente) para alcançar o seu nível de desempenho?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Frustração (FR)	Quão inseguro, desanimado, irritado, estressado e irritado contra seguro, gratificado, contente, relaxado e satisfeito consigo você sente com a tarefa?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta

Fonte: Hart & Staveland, 1988.

Comparação de escalas - binárias:

Qual elemento contribui mais para a carga de trabalho na tarefa? Selecione o fator que mais pesou durante a realização:			
1 Demanda mental	(X)	()	Demanda física
2 Demanda temporal	(X)	()	Demanda física
3 Demanda temporal	(X)	()	Nível de frustração
4 Demanda temporal	()	(X)	Demanda mental
5 Performance (desempenho)	(X)	()	Demanda física
6 Demanda temporal	()	(X)	Esforço (empenho)
7 Performance (desempenho)	(X)	()	Demanda mental
8 Nível de frustração	()	(X)	Demanda física
9 Performance (desempenho)	(X)	()	Nível de frustração
10 Nível de frustração	()	(X)	Demanda mental
11 Esforço (empenho)	(X)	()	Demanda física
12 Performance (desempenho)	()	(X)	Esforço (empenho)
13 Esforço (empenho)	()	(X)	Demanda mental
14 Demanda temporal	()	(X)	Performance (desempenho)
15 Esforço (empenho)	(X)	()	Nível de frustração



Entrevistado 4:

Questionário Nasa TLX

Caracterização dos dados pessoais dos colaboradores:

Idade:	até 29 anos (☐) de 30 à 39 anos (☐) A partir de 40 anos (☐)	
Sexo:	Masculino (☐) Feminino (☒)	
Peso:	Até 70 Kg (☒) de 71 a 80 Kg (☐) Mais de 80 Kg (☐)	
Altura:	Até 1,70 m (☒) De 1,71 a 1,80 m (☐) Mais de 1,80 m (☐)	
Mão dominante:	Direita (☒) Esquerda (☐)	
Escolaridade:	Ensino Fundamental (☐) Ensino Médio (☐) Ensino Superior (☒)	
Doença nos últimos 12 meses:	Sim (☐) Não (☒)	
Afastamento:	Sim (☐) Não (☒)	Descreva quais:
Sintoma LER/DORT (Lesão por Esforço repetitivo e/ou Distúrbios osteomusculares Relacionados ao Trabalho)	Nunca sentiu (☒) Sentiu (☐)	
		Descreva quais:
Fumante	Sim (☐) Não (☒)	
Atividade Esportiva:	Pratica (☒) Não Pratica (☐)	Descreva quais:
Atividade extra profissional:	Realiza (☐) Não realiza (☒)	Descreva quais:



Questionário Nasa TLX

Questionário:

1. Permitir/não permitir colaboradores adentrar a casa de bombas em atmosfera explosiva

Título	Descrição	Porcentagem										Onde
Demanda Mental (MD)	(ex: pensar, decidir, calcular, lembrar, observar, pesquisar, etc)? A tarefa é fácil ou difícil, simples ou complexa, exigente ou indulgente?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Demanda física (PD)	O Quanto a atividade física é requerida (ex: empurrar, puxar, girar, controlar, ativar)? A tarefa é fácil ou difícil, lenta ou rápida, calma ou extenuante, repousante ou trabalhosa?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Demanda Temporal (TD)	Quanta pressão temporal você sente devido à taxa ou ritmo em que as tarefas ou elementos das tarefas ocorram? O ritmo é lento e calmo ou rápido e frenético?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Performance/ Desempenho (OP)	Quão bem sucedido você acha que esteve em realizar os objetivos da tarefa proposta? Ficou satisfeito com o seu desempenho no cumprimento desses objetivos?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Esforço (EF)	Quão difícil foi realizar o trabalho (mentalmente e fisicamente) para alcançar o seu nível de desempenho?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Frustração (FR)	Quão inseguro, desanimado, irritado, estressado e irritado contra seguro, gratificado, contente, relaxado e satisfeito consigo você sente com a tarefa?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta

Fonte: Hart & Staveland, 1988.

Comparação de escalas - binárias:

Qual elemento contribui mais para a carga de trabalho na tarefa? Selecione o fator que mais pesou durante a realização:			
1 Demanda mental	(X)	()	Demanda física
2 Demanda temporal	(X)	()	Demanda física
3 Demanda temporal	()	(X)	Nível de frustração
4 Demanda temporal	()	(X)	Demanda mental
5 Performance (desempenho)	(X)	()	Demanda física
6 Demanda temporal	(X)	()	Esforço (empenho)
7 Performance (desempenho)	()	(X)	Demanda mental
8 Nível de frustração	(X)	()	Demanda física
9 Performance (desempenho)	(X)	()	Nível de frustração
10 Nível de frustração	()	(X)	Demanda mental
11 Esforço (empenho)	(X)	()	Demanda física
12 Performance (desempenho)	(X)	()	Esforço (empenho)
13 Esforço (empenho)	()	(X)	Demanda mental
14 Demanda temporal	()	(X)	Performance (desempenho)
15 Esforço (empenho)	()	(X)	Nível de frustração

Questionário Nasa TLX

Questionário:

2. Eliminar/não eliminar as fontes de ignição e/ou utilizar equipamentos com a possibilidade de gerar fonte de ignição

Título	Descrição	Porcentagem										Onde
Demanda Mental (MD)	O quanto a atividade mental e de percepção é requerida (ex: pensar, decidir, calcular, lembrar, observar, pesquisar, etc)? A tarefa é fácil ou difícil, simples ou complexa, exigente ou indulgente?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Demanda física (PD)	O Quanto a atividade física é requerida (ex: empurrar, puxar, girar, controlar, ativar)? A tarefa é fácil ou difícil, lenta ou rápida, calma ou extenuante, repousante ou trabalhosa?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Demanda Temporal (TD)	Quanta pressão temporal você sente devido à taxa ou ritmo em que as tarefas ou elementos das tarefas ocorram? O ritmo é lento e calmo ou rápido e frenético?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Performance/ Desempenho (OP)	Quão bem sucedido você acha que esteve em realizar os objetivos da tarefa proposta? Ficou satisfeito com o seu desempenho no cumprimento desses objetivos?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Esforço (EF)	Quão difícil foi realizar o trabalho (mentalmente e fisicamente) para alcançar o seu nível de desempenho?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Frustração (FR)	Quão inseguro, desanimado, irritado, estressado e irritado contra seguro, gratificado, contente, relaxado e satisfeito consigo você sente com a tarefa?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta

Fonte: Hart & Staveland, 1988.

Comparação de escalas - binárias:

Qual elemento contribui mais para a carga de trabalho na tarefa? Selecione o fator que mais pesou durante a realização:			
1 Demanda mental	(X)	()	Demanda física
2 Demanda temporal	(X)	()	Demanda física
3 Demanda temporal	(X)	()	Nível de frustração
4 Demanda temporal	()	(X)	Demanda mental
5 Performance (desempenho)	(X)	()	Demanda física
6 Demanda temporal	(X)	()	Esforço (empenho)
7 Performance (desempenho)	()	(X)	Demanda mental
8 Nível de frustração	(X)	()	Demanda física
9 Performance (desempenho)	(X)	()	Nível de frustração
10 Nível de frustração	()	(X)	Demanda mental
11 Esforço (empenho)	(X)	()	Demanda física
12 Performance (desempenho)	(X)	()	Esforço (empenho)
13 Esforço (empenho)	()	(X)	Demanda mental
14 Demanda temporal	()	()	Performance (desempenho)
15 Esforço (empenho)	()	(X)	Nível de frustração



Questionário Nasa TLX

Questionário: 3. Realizar/não realizar o monitormento de atmosfera explosiva (concentração de gases)

Título	Descrição	Porcentagem										Onde
Demanda Mental (MD)	O quanto a atividade mental e de percepção é requerida (ex: pensar, decidir, calcular, lembrar, observar, pesquisar, etc)? A tarefa é fácil ou difícil, simples ou complexa, exigente ou indulgente?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
	O Quanto a atividade física é requerida (ex: empurrar, puxar, girar, controlar, ativar)? A tarefa é fácil ou difícil, lenta ou rápida, calma ou extenuante, repousante ou trabalhosa?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Demanda física (PD)	Quanta pressão temporal você sente devido à taxa ou ritmo em que as tarefas ou elementos das tarefas ocorram? O ritmo é lento e calmo ou rápido e frenético?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Demanda Temporal (TD)	Quão bem sucedido você acha que esteve em realizar os objetivos da tarefa proposta? Ficou satisfeito com o seu desempenho no cumprimento desses objetivos?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Performance/ Desempenho (OP)	Quão difícil foi realizar o trabalho (mentalmente e fisicamente) para alcançar o seu nível de desempenho?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Esforço (EF)	Quão inseguro, desanimado, irritado, estressado e irritado contra seguro, gratificado, contente, relaxado e satisfeito consigo você sente com a tarefa?	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10 = Muito Baixa 100 = Muito Alta
Frustração (FR)												

Fonte: Hart & Staveland, 1988.

Comparação de escalas - binárias:

Qual elemento contribui mais para a carga de trabalho na tarefa? Selecione o fator que mais pesou durante a realização:			
1 Demanda mental	(X)	()	Demanda física
2 Demanda temporal	(X)	()	Demanda física
3 Demanda temporal	()	(X)	Nível de frustração
4 Demanda temporal	()	(X)	Demanda mental
5 Performance (desempenho)	(X)	()	Demanda física
6 Demanda temporal	(X)	()	Esforço (empenho)
7 Performance (desempenho)	()	(X)	Demanda mental
8 Nível de frustração	(X)	()	Demanda física
9 Performance (desempenho)	(X)	()	Nível de frustração
10 Nível de frustração	()	(X)	Demanda mental
11 Esforço (empenho)	(X)	()	Demanda física
12 Performance (desempenho)	(X)	()	Esforço (empenho)
13 Esforço (empenho)	()	(X)	Demanda mental
14 Demanda temporal	()	(X)	Performance (desempenho)
15 Esforço (empenho)	()	(X)	Nível de frustração

