

Pós-Graduação

Segurança de Processos



ANÁLISE DE CONFIABILIDADE HUMANA EM PROCEDIMENTO CRÍTICO DE UM CENÁRIO ACIDENTAL DE UMA REFINARIA DE PETRÓLEO

Allana Magalhães, Eduardo A. P. Bretas, Helena M. F Braga, Leandro G. de Mattos, Leonardo Xavier e Waldir R. V. Júnior

RESUMO

O trabalho teve como proposta aplicar técnica qualitativa e quantitativa de análise de confiabilidade humana (HRA- Human Reliability Assessment), a Petro-HRA, para analisar a influência dos fatores humanos na resposta do operador ao alarme de nível baixo no vaso de topo da estabilizadora (GLP/nafta de destilação) devido a falha na malha de controle de temperatura de topo de um cenário considerado crítico no estudo de risco da Unidade de Destilação Atmosférica. A partir dos resultados da aplicação da técnica, identificou-se a probabilidade de erro humano da tarefa crítica analisada e os principais fatores influenciadores de desempenho que contribuem para a ocorrência do erro humano. Por fim, foram recomendadas medidas e estratégias para reduzir a probabilidade de ocorrência do erro humano durante a execução do procedimento crítico e, consequentemente, reduzir a probabilidade da ocorrência do cenário acidental e suas consequências. Também foi comparado o tempo de segurança de processo com o tempo de resposta do operador mostrando que, neste caso, a resposta do operador ao alarme de nível baixo pode ser considerada como um IPL (Independent Protection Layers) no estudo de risco HAZOP-LOPA. Finalmente, foi indicado como abrangência a realização deste estudo em outros procedimentos críticos para avaliação se eles podem ser considerados como IPL nos estudos de riscos realizados.

Palavras-chave: *Petro-HRA, IPL Humano, Fatores Humanos*

ABSTRACT

The purpose of the work was to apply a qualitative and quantitative human reliability analysis (HRA- Human Reliability Assessment) technique, Petro-HRA, to analyze the influence of human factors on the operator's response to the low level alarm in the top vessel of the stabilizer (GLP/naphtha of distillation) due to failure in the top temperature control loop of a scenario considered critical in the risk study of the Atmospheric Distillation Unit. From the results of applying the technique, the probability of human error in the critical task analyzed and the main performance-influencing factors that contribute to the occurrence of human error were identified. Finally, measures and strategies were recommended to reduce the probability of human error occurring during the execution of the critical procedure and, consequently, reduce the probability of the occurrence of the accidental scenario and its consequences. The process safety time was also compared with the operator's response time, showing that, in this case, the operator's response to the low level alarm can be considered as an IPL in the HAZOP-LOPA risk study. Finally, the scope of this study was indicated to include other critical procedures to assess whether they can be considered as IPL in the risk studies carried out.

Keywords: *Petro-HRA, Human IPL, Human Factors*

RESUMO	1
ABSTRACT	1
LISTA DE ABREVIATURAS	3
1. INTRODUÇÃO.....	4
1.1. Objetivo geral e específico	6
2. DESENVOLVIMENTO.....	7
2.1 Unidade de Destilação Atmosférica e a Vácuo (UDAV)	7
2.2 Análise de Risco da unidade- HAZOP-LOPA	9
2.3. Determinação de PFD para IPLs Humanas.....	13
2.4 Análise de Confiabilidade Humana PETRO-HRA	15
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	17
3.1. Procedimento escolhido e cenário analisado	17
3.2. Avaliação do tempo de resposta do operador e do tempo de segurança do processo	22
3.2.1. Avaliação do tempo de segurança de processo	22
3.2.2. Avaliação do tempo de resposta do operador ao alarme de nível baixo no 001-V-002	23
3.3. Estudo de caso.....	25
3.3.1. Passo 1: Definição do cenário	25
3.3.2. Passo 2: Coleta de Dados Qualitativos	26
3.3.3. Passo 3: Análise de Tarefas.....	27
3.3.4. Passo 4: Identificação de Erro Humano	30
3.3.5. Passo 5: Modelagem de Erro Humano	31
3.3.6. Passo 6: Quantificação do Erro Humano	31
3.3.7. Passo 7: Redução de Erros Humanos.....	33
3.3.8. Reavaliação dos PSF e recálculo do HEP	34
4. CONCLUSÕES	36
5. REFERÊNCIAS	37
APÊNDICE A: Quantificação da probabilidade de erro humano das tarefas/subtarefas	38
APÊNDICE B: Quantificação da probabilidade de erro humano das tarefas/subtarefas após a etapa de redução	44

LISTA DE ABREVIATURAS

ASTM *American Society for Testing and Materials* (Sociedade Americana de Testes e Materiais)

ERS *Error Reducing Strategy* (Estratégias de redução de erros)

ERM *Error Reducing Measures* (Medidas de Redução de Erros)

GLP Gás Liquefeito de Petróleo

HEP *Human Error Probability* (Probabilidade de Erro Humano)

HRA *Human Reliability Analysis* (Análise de Confiabilidade Humana)

HTA *Hierarchical Task Analysis* (Análise Hierárquica da Tarefa)

IOGP *International Association of Oil & Gas Producers* (Associação Internacional de Produtores de Petróleo e Gás)

IPL *Independent Protection Layers* (Camada de Proteção Independente)

LG *Level Gage* (Medidor de Nível)

PFD *Probability to fail on demand* (Probabilidade de Falha na Demanda)

PSF *Performance Shaping Factors* (Fatores Influenciadores de Desempenho)

QAV Querosene de Aviação

QRA *Quantitative Risk Assessment* (Análise Quantitativa de Riscos)

SIS *Safety Instrumented System* (Sistema Instrumentado de Segurança)

SSC Sistema Supervisório de Controle

UDAV Unidade de Destilação Atmosférica e à Vácuo

1. INTRODUÇÃO

O tema Segurança de Processo tem relevância quando as organizações buscam conscientizar a força de trabalho e a alta administração da importância de seguir os procedimentos operacionais para reduzir a probabilidade de falha humana e realizar as inspeções e manutenções dos equipamentos e instalações, pois os acidentes de processo se caracterizam pela baixa frequência e alto impacto, na sua maioria, com perdas que podem encerrar as atividades de uma empresa, dependendo do impacto sobre as pessoas, o meio ambiente, seu patrimônio e sua imagem.

Segundo Hansen (2006) erro humano é um termo que se tornou parte do vernáculo comum na aviação, mas tem uma grande variedade de significados dentro da indústria. Por exemplo, o erro humano é usado para descrever o resultado ou consequência da ação humana, o fator causal de um acidente e como uma ação em si.

Ainda segundo Hansen (2006) essa falta de uma definição comum do termo complicava as tentativas dos pesquisadores de identificar abordagens significativas para reduzir o efeito do erro humano dentro de profissões individuais. Sem um conceito funcional de erro humano, como era possível anunciar que: "72% dos acidentes de voo da Marinha e do Corpo de Fuzileiros Navais entre 1995 e 1999 foram resultado de erro do piloto; ou que o erro humano em acidentes rodoviários foi a única causa em 57% de todos os acidentes e foi um fator contribuinte em mais de 90%"; ou que "os erros médicos são a oitava causa de morte nos Estados Unidos" (McFadden, Towell, & Stock, 2004, p.2).

Segundo Reason (1994), os erros humanos são classificados como: descuido, lapso, engano ou violação. Reason (1994) considera os erros humanos como sendo falhas nas ações que foram planejadas, sem levar em conta a influência de eventos imprevistos. A principal decisão é até que ponto o erro humano deve ser considerado, ou seja, se considerar apenas a atuação direta (ou a falta dela) do operador na planta, ou se incluir diagnósticos errados, tomadas de decisão inadequadas, erros de manutenção, falhas de comunicação, ou mesmo violação de regras ou procedimentos estabelecidos. Estas considerações qualitativas da identificação de erros, quando devidamente aprofundadas, são chamadas identificação de causas raízes. A partir daí, podem ser definidos modos para reduzir a probabilidade de ocorrência destes erros ou seu impacto no sistema.

O acidente na plataforma offshore de petróleo Piper Alpha, no Mar do Norte, na Europa, em 1988, foi um dos maiores desastres ocorridos na indústria de óleo e gás mundial, cento e sessenta e sete pessoas faleceram e os prejuízos financeiros foram da ordem de 3,4 bilhões de dólares. Evidenciou-se que o acidente estava intimamente relacionado a erros humanos: ligados ao sistema de permissão para trabalho, à falta de treinamento para emergências e ao sistema de gestão de risco da empresa Occidental (Cullen, 1990).

De acordo com a Agência Nacional do Petróleo (ANP), o agente autorizado deve atender os requisitos constantes na Resolução nº 5, de 29 de janeiro de 2014, que conforme a prática de gestão nº 4-Ambiente de Trabalho e Fatores Humanos, determina como atribuição do Agente Autorizado analisar os aspectos de ambiente de trabalho considerando os fatores humanos na instalação, nos sistemas, estruturas e equipamentos. Desta forma, o agente autorizado tem a atribuição de controlar e gerenciar os riscos para a segurança operacional durante as atividades especiais da instalação, conforme a prática de gestão nº 16-Práticas de Trabalho Seguro e Procedimentos de Controle em Atividades Especiais.

Como ponto de partida, pode-se citar o Relatório IOGP 621 - Desmistificando fatores humanos, que desmistifica os conceitos e as aplicações dos Fatores Humanos na indústria de óleo e gás. O relatório define que: “Se as pessoas não tiverem o desempenho esperado, pode haver um efeito negativo no resultado, inclusive causando ou contribuindo para um incidente. O desempenho humano pode afetar diretamente a eficácia de uma barreira que depende dele para perceber, decidir, e/ou agir para fazê-la funcionar.” Além disso, o relatório identifica os Fatores Contribuintes para o Desempenho, que são as características do trabalho, do indivíduo e da organização que influenciam o comportamento humano. A análise destes fatores pode reduzir a probabilidade de falhas humanas e aumentar a segurança do processo.

Segundo SWAIN e GUTTMANN (1983), confiabilidade humana é a probabilidade de que um operador realize de maneira satisfatória uma tarefa exigida pelo sistema em um período determinado, sem realizar outra ação que possa degradar o sistema. MEISTER (1990) define confiabilidade humana como sendo a probabilidade de que uma tarefa seja realizada com sucesso pelo operador em um determinado estágio da operação da sala de controle, em um mínimo período exigido. A análise da confiabilidade humana tem como objetivo estimar a confiabilidade humana. A probabilidade de ocorrência do erro humano ou probabilidade de falha humana (PFH) é definida como sendo a razão entre o número de erros cometidos e o

número de oportunidades dadas para a ocorrência do erro. Os dados obtidos através da análise da confiabilidade humana são traduzidos em recomendações para modificações no projeto dos sistemas, nos procedimentos, no treinamento e em outros aspectos relacionados com as condições do local de trabalho.

Nesse contexto, dada à relevância dos fatores humanos na segurança de processos, o presente trabalho aplicará a metodologia qualitativa e quantitativa de HRA, a Petro-HRA, desenvolvida por Bye et al. (2017), para analisar a influência dos fatores humanos na execução de um procedimento operacional de resposta de um operador à um alarme. Tal metodologia foi selecionada pelo grupo por possuir material técnico de referência disponível e didático, e por ser um método aplicável à indústria de óleo e gás, a tarefas da sala de controle e de resposta de um evento indesejado.

O cenário avaliado neste trabalho foi a resposta do operador ao alarme de processo em um cenário considerado crítico no estudo de risco (HAZOP-LOPA) da Unidade de Destilação Atmosférica e a Vácuo. A motivação para seleção de tal tarefa consistiu na criticidade da tarefa para a segurança da instalação, considerando que falhas em sua execução podem levar a acidentes com consequências severas para pessoas, instalação e meio ambiente.

1.1. Objetivo geral e específico

Aplicar técnica qualitativa e quantitativa de análise de confiabilidade humana (HRA), a Petro-HRA, para analisar a influência dos fatores humanos na resposta do operador ao alarme de nível baixo no vaso de topo da estabilizadora (GLP/nafta de destilação), devido a falha na malha de controle de temperatura de topo, abrindo a válvula de refluxo de topo de um cenário considerado crítico no estudo de risco HAZOP-LOPA da Unidade de Destilação Atmosférica.

Já como objetivo específico, este trabalho se propõe à:

- Descrever a tarefa crítica selecionada em etapas (ações humanas), identificando o potencial de erros humanos associados;
- Para cada etapa da tarefa, quantificar a probabilidade do erro humano (“Human Error Probability” - HEP) e identificar os Fatores Influenciadores de Desempenho (“Performance Shaping Factors” - PSF) que tenham impacto no HEP calculado e, consequentemente, sejam relevantes na análise;

- Propor estratégias e medidas redutoras do erro humano.

2. DESENVOLVIMENTO

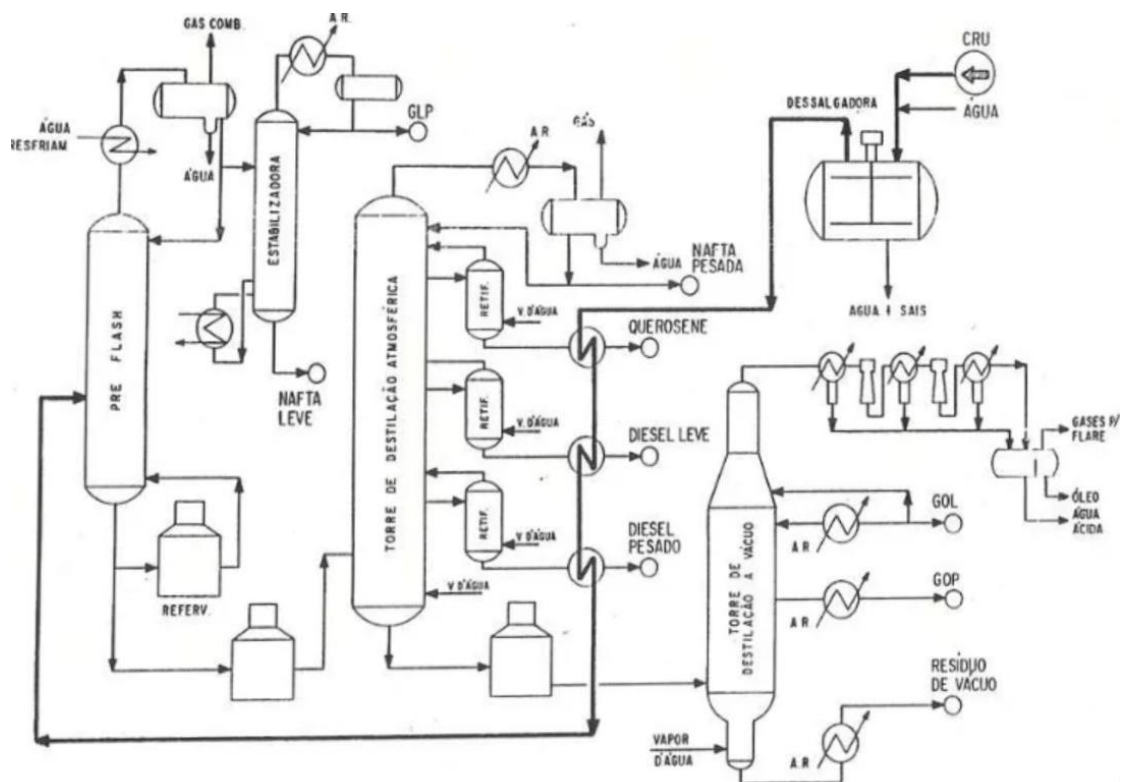
2.1 Unidade de Destilação Atmosférica e a Vácuo (UDAV)

Os principais equipamentos de uma UDAV (Figura 1) são:

- Dessalgadora;
- Bateria de pré-aquecimento;
- Forno;
- Torres de fracionamento;
- Torres retificadoras;
- Torre estabilizadora.

A UDAV tem como principal objetivo separar o petróleo cru em diversas frações, por meio do processo de destilação, ou seja, nesta Unidade as frações de petróleo são separadas pela diferença nas suas faixas de ponto de ebulição. Por ser a destilação um processo físico, as propriedades físicas dos componentes não são modificadas, pois não há reações químicas, embora, indesejavelmente, possa ocorrer, de uma forma incipiente, craqueamento térmico das frações mais pesadas, devido a elevadas temperaturas de operação.

Figura 1: Diagrama simplificado de uma Unidade de Destilação à Vácuo



Fonte: DownTP (2013)

A UDAV é constituída por duas colunas de destilação com trocadores de calor, fornos, dessaladora, seção de retificação, estabilização e sistemas auxiliares. Nesta unidade o petróleo é fracionado nas seguintes correntes:

- Gás Combustível: é basicamente formado por uma mistura de gases, rica em metano e etano, com teores menores de propanos e butanos, além de gases inorgânicos como o gás sulfídrico. É a corrente mais leve do petróleo e de menor rendimento na destilação;
- GLP (Gás Liquefeito de Petróleo): É a mistura formada basicamente por hidrocarbonetos de 3 a 4 átomos de carbono, que embora gasosos à pressão atmosférica, são comercializados no estado líquido, por estarem sob pressões da ordem de 1 MPa (10 kgf/cm²);
- Nafta: Nafta é um termo genérico usado para frações leves do petróleo, que abrange a faixa de destilação dos produtos comerciais: gasolina e querosene. Essa faixa de destilação, baseada na curva de destilação ASTM pode variar, em geral, de 20°C a 220°C;

- Querosene: é normalmente constituído de hidrocarbonetos predominantemente parafínicos de 9 a 17 átomos de carbono e com faixa de destilação ASTM que se situa normalmente entre 150 e 300°C. Alguns petróleos têm condições de produzir de forma rentável o chamado querosene de aviação (QAV), usado como combustível nos aviões movidos à turbina a gás;
- Gasóleos Atmosféricos: constituem uma fração composta por hidrocarbonetos, com faixa de ebulição podendo variar de 150 a 400°C. A composição química é muito variável no que diz respeito à distribuição dos hidrocarbonetos parafínicos, naftênicos e aromáticos. O maior uso dos gasóleos atmosféricos é após os devidos tratamentos, como combustível dos motores Diesel;
- Gasóleos de Vácuo: Os gasóleos são obtidos na coluna de destilação a vácuo, que tem a finalidade de obter frações de maior valor agregado do resíduo da torre de destilação atmosférica. Estes gasóleos podem ser adicionados total ou parcialmente às correntes que vão constituir o pool de diesel ou ser carga de uma Unidade de Craqueamento Catalítico;
- Resíduo de Vácuo: O resíduo da última etapa de destilação do petróleo é conhecido como resíduo de vácuo, e poderá ter diferentes aplicações. As mais usuais são: uso como óleos combustíveis, asfalto e carga da Unidade de Coqueamento Retardado.

2.2 Análise de Risco da unidade- HAZOP-LOPA

Como ponto de partida deste trabalho, foi utilizado o HAZOP-LOPA de uma Unidade de Destilação Atmosférica e Vácuo. O HAZOP é uma técnica indutiva e estruturada para identificar perigos de processo e potenciais problemas de operação associando, de forma sistemática, um conjunto de palavras-guia às variáveis de processo. Para cada desvio identificado são relacionadas suas causas, consequências, modos de detecção e salvaguardas existentes, recomendando medidas adicionais, quando necessário.

Para se fazer a categorização de riscos, a matriz de tolerabilidade de riscos utilizada é a apresentada na Norma Petrobras N-2782-Técnicas Aplicáveis à Análise de Risco, conforme a seguir:

Tabela 1: Matriz de Tolerabilidade de Riscos (Fonte: Norma N-2782 - Petrobras)

						Categorias de frequência					
		Descrição / características				A Extremamente remota	B Remota	C Pouco provável	D Provável	E Frequente	
		Pessoas	Patrimônio / continuidade operacional	Meio ambiente (ver Nota 1)	Imagem	Possível mas sem referências na indústria	Não esperado ocorrer, apesar de haver referências em instalações similares na indústria	Pouco provável de ocorrer durante a vida útil de um conjunto de instalações similares	Possível de ocorrer uma vez durante a vida útil da instalação	Possível de ocorrer muitas vezes durante a vida útil da instalação	
Categorias de Severidade das Consequências	V	Catastrófica	Múltiplas fatalidades intramuros ou fatalidade extramuros (ver Nota 2)	Danos catastróficos podendo levar à perda da instalação industrial	Danos catastróficos	Repercussão internacional	M	M	NT	NT	NT
	IV	Crítica	Fatalidade intramuros ou lesões graves extramuros (ver Nota 3)	Danos severos a sistemas / equipamentos (reparação lenta)	Danos severos	Repercussão nacional	T	M	M	NT	NT
	III	Média	Lesões graves intramuros ou lesões leves extramuros	Danos moderados a sistemas / equipamentos	Danos moderados	Repercussão regional	T	T	M	M	NT
	II	Marginal	Lesões leves	Danos leves a sistemas / equipamentos	Danos leves	Repercussão local	T	T	T	M	M
	I	Desprezível	Sem lesões ou no máximo casos de primeiros socorros	Danos leves a equipamentos sem comprometimento da continuidade operacional	Danos insignificantes	Repercussão insignificante	T	T	T	T	M

Fonte: Petrobras N-2782 (2013)

Para cenários com severidade IV e V, foi utilizada a técnica de LOPA por ser uma técnica semiquantitativa que permite avaliar a necessidade de camadas de proteção.

Análise de Camadas de Proteção (LOPA) é um método semiquantitativo de avaliação de riscos, cuja finalidade primária é determinar se as medidas de proteção presentes contra um evento indesejado são suficientes para reduzir seu risco a um nível tolerável. Isto é feito atribuindo-se valores numéricos às frequências das possíveis causas iniciadoras e às probabilidades médias de falha na demanda de cada camada de proteção existente, e comparando-se o valor do risco assim obtido com o valor pré-estipulado do risco tolerável.

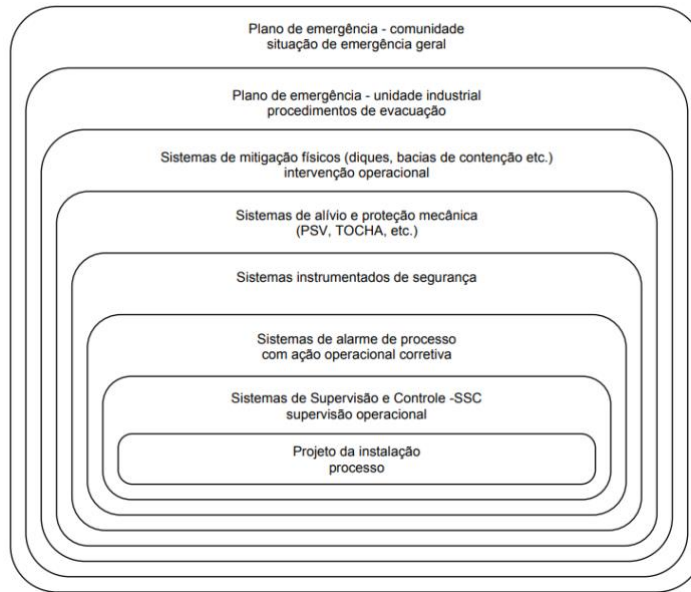
Se o risco estimado para um cenário não for tolerável, outras camadas de proteção devem ser adicionadas a fim de se atingir a redução de risco necessária. Estas camadas de proteção são normalmente chamadas de salvaguardas. LOPA não define quais camadas de proteção

adicionar ou como projetá-las, mas auxilia na avaliação das medidas alternativas que podem ser implementadas para que se alcance a redução de risco requerida.

Como primeira camada de proteção, um cenário associado a operação de equipamentos e/ou processos pode ter seu risco consideravelmente reduzido, ou mesmo ser completamente eliminado, por meio de técnicas de projeto específicas ou de um projeto inerentemente mais seguro. Como segunda camada de proteção, normalmente dispõe-se de sistemas de controle automático do processo ou equipamento, podendo-se obter uma terceira camada com a supervisão contínua por pessoal de operação qualificado com auxílio de um sistema de alarmes adequado. A camada de proteção seguinte, constituída por um Sistema Instrumentado de Segurança (SIS), geralmente acompanha outra, formada por sistemas de alívio e de prevenção baseados em dispositivos mecânicos, tais como válvulas de segurança, discos de ruptura e válvulas de retenção. Recomenda-se que um SIS somente seja adotado caso, após a aplicação das demais medidas de redução de risco mencionadas, o risco residual permaneça maior que o tolerável. Estas camadas de proteção podem ser vistas na Figura 2.

Esta abordagem de camadas de proteção também é descrita no item 7.4 A Abordagem da Camada de Proteção da publicação do CCPS Indicadores de Segurança de Processo: Guia de Seleção de Indicadores Proativos e Reativos, versão 3.1, de agosto/19.

Figura 2: Camadas de Proteção Típicas



Fonte: Cardoso (2019)

Como descrito acima, a terceira camada de proteção é a resposta operacional à um alarme de processo. Os operadores respondem a alarmes de processo e equipamentos, implantados no SSC, através da execução de procedimentos manuais específicos. Para ser considerada como uma Camada de Proteção Independente – IPL, a resposta do operador a um alarme no SSC deve atender aos requisitos:

- a) ser suficiente para impedir sozinha a ocorrência do cenário;
- b) o alarme deve dar uma indicação clara e imediata do cenário para o operador, sem que seja necessário realizar diagnósticos baseados em indicações de outras variáveis de processo;
- c) a ação do operador em resposta ao alarme deve ser suficiente para interromper o cenário em intervalo de tempo inferior ao tempo de segurança do processo relacionado ao cenário considerado;
- d) o alarme deve ser identificado de forma clara como parte de uma IPL na documentação de projeto, notadamente na lista de alarmes e no fluxograma de engenharia, distinguindo-se dos demais alarmes do SSC não considerados IPL;
- e) a unidade de operação deve possuir um critério de gerenciamento de alarmes e o alarme em questão deve ser priorizado de acordo com este critério;

- f) o operador deve estar sempre presente junto a interface de operação que anuncia o alarme (o que, de um modo geral, impede considerar alarmes no campo como IPL);
- g) deve haver procedimento operacional definindo a ação específica do operador em resposta ao alarme, sendo que tal procedimento deve ser conhecido e objeto de treinamento periódico por parte dos operadores;
- h) a evolução do cenário considerado não pode comprometer a efetividade do alarme.

2.3. Determinação de PFD para IPLs Humanas

Muitas vezes estão disponíveis informações sobre as taxas de falha de equipamentos, instrumentos e outros equipamentos para os quais podem ser estabelecidos valores de PFD para IPLs baseados em componentes. No entanto, o desenvolvimento de valores de PFD para IPLs humanas não é tão simples. Um valor de PFD de IPL humana inclui não apenas a probabilidade de falha de uma resposta humana incorreta ou ineficaz a um alarme ou outro acionador, mas também os PFDs de instrumentação ou equipamento usado para detectar o desvio do processo e/ou tomar medidas para retornar o processo ao estado normal, um estado seguro.

No *Guidelines for Initiating Events and Independent Protection Layers in Layer of Protection Analysis* (2007) é apresentado um exemplo de IPL Humano com seu PFD associado (Tabela 2).

Tabela 2: Resposta humana a uma condição anormal

Descrição do IPL
Resposta humana a uma condição anormal
PFD genérico sugerido para uso na LOPA
0,1
Considerações especiais para uso de PFD genérico para este IPL
• Quando o gatilho para a resposta humana é um alarme de segurança, o alarme é claramente compreensível e está disponível para os operadores em seu(s) local(is) habitual(is) de trabalho* • Quando o gatilho para a resposta humana é uma verificação ou amostragem de campo, um procedimento indica a necessidade dessa verificação ou amostra e a frequência necessária. Também há orientações escritas sobre o que fazer se a verificação mostrar que a leitura está fora da faixa tolerável. As leituras são registradas em um checklist, em formulário apropriado ou em algum tipo de banco de dados. • O operador tem tempo suficiente disponível para responder à indicação de uma condição anormal e completar a ação necessária, e este tempo é menor que o tempo necessário para que o evento se torne inevitável. • Existem procedimentos claros que o operador deve seguir para completar a resposta. A tarefa de resposta é de baixa complexidade, com instruções passo a passo e diagnósticos ou cálculos mínimos. • O operador é treinado na tarefa de resposta. • O operador que toma a ação corretiva pode fazê-lo sem ser colocado em uma situação perigosa para realizar a ação. • Os fatores humanos relacionados à comunicação oral, à interface do sistema humano e ao ambiente de trabalho foram razoavelmente otimizados. (Consulte o Apêndice A para conhecer os fatores de modelagem de desempenho a serem controlados.)
Método de validação genérico
• O teste de quaisquer sensores, alarmes e elementos de controle finais usados pelo operador no procedimento de resposta é realizado para garantir que eles funcionem corretamente. • A verificação dos procedimentos, treinamento e controle dos fatores humanos garante a eficácia contínua da resposta humana. • Exercícios de mesa, exercícios e uso de um simulador de processo são técnicas que podem ser usadas para fornecer treinamento de atualização ou para demonstrar a eficácia da resposta.
Base para PFD e método de validação genérico
• Consenso do <i>Guidelines</i> subcomitê. Ver NUREG CR-1278 — <i>Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications, Final Report</i>, Tabela 15-3 (Swain e Guttmann 1983).

Fonte: Adaptado do Guidelines for Initiating Events and Independent Protection Layers in Layer of Protection Analysis (2007)

Um fator essencial para garantir que o indivíduo tem de fato a capacidade para completar a resposta do IPL com sucesso é validar se há tempo suficiente disponível para o indivíduo diagnosticar a situação e completar a resposta necessária assim que uma situação anormal for detectada. Para este estudo, foi realizado um simulado de campo na planta de processo. Um técnico de operação realizou as atividades do procedimento sendo acompanhado por outro operador que fez a cronometragem de cada atividade.

Uma definição de tempo que tem sido utilizada em relação aos IPLs é o “tempo de segurança do processo”. Conforme definido nas Diretrizes para Sistemas de Proteção Instrumentados Seguros e Confiáveis (CCPS 2007), o tempo de segurança de processo é: *“período de tempo entre uma falha que ocorre no processo ou no seu sistema de controle e a ocorrência do evento perigoso”*.

2.4 Análise de Confiabilidade Humana PETRO-HRA

A Petro-HRA é uma metodologia para avaliação qualitativa e quantitativa da confiabilidade humana que utilizou como base a metodologia SPAR-H para o modelo de quantificação, buscando adaptar o método SPAR-H, já validado na indústria nuclear, para a indústria de óleo e gás. A metodologia consiste em identificação sistemática, modelagem e avaliação de tarefas que afetam o risco de acidentes maiores dessa indústria (Bye et al., 2017).

Tal metodologia foi desenvolvida em um projeto de pesquisa e desenvolvimento (P&D), intitulado “Análise das ações humanas como barreiras em acidentes graves na indústria do petróleo, a aplicabilidade de métodos de análise de confiabilidade humana”, para analisar erros humanos pós-iniciadores e tarefas realizadas em sala de controle, por exemplo, em operações de controle de processo, de perfuração e operações marítimas, podendo ser aplicado em tarefas realizadas fora da sala de controle, desde que os seus Fatores Influenciadores de Desempenho, do inglês *Performance Shaping Factors* (PSF), sejam considerados de grande influência para o cenário (Bye et al., 2017).

A Petro-HRA consiste em sete passos, a saber: (1) Definição do cenário; (2) Coleta de dados qualitativos; (3) Análise da tarefa; (4) Identificação dos erros humanos; (5) Modelagem dos erros humanos; (6) Quantificação dos erros humanos; (7) Redução de erros humanos:

1. O primeiro passo é o mais importante da metodologia, pois define o escopo e os limites da análise a ser feita. Neste passo que se tem a interface com a análise de risco (HAZOP-LOPA) com a definição do cenário a ser estudado.
2. O segundo passo consiste na coleta dos dados qualitativos sobre o cenário selecionado, buscando detalhar a tarefa a ser analisada de modo obter o máximo de informação possível sobre os fatores que podem afetar o desempenho humano durante a sua execução.
3. O terceiro passo consiste na descrição das etapas da tarefa e na busca de meios sistemáticos de organizar essa informação, de modo a permitir uma maior compreensão sobre como se dá a execução da tarefa escolhida, identificando as ações humanas a serem tomadas.
4. O quarto passo busca identificar os potenciais erros humanos relacionados as ações de cada etapa da tarefa e descreve a consequência provável de cada erro.
5. O quinto passo foca na modelagem da tarefa de modo a correlacionar os erros humanos prováveis aos passos da tarefa e aos fatores influenciadores de desempenho (PSF). O conjunto de fatores influenciadores de desempenho (conforme Petro-HRA) são:
 - Tempo
 - Estresse
 - Complexidade da tarefa
 - Experiência/Treinamento
 - Procedimentos
 - Interface Humana-Máquina
 - Atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão
 - Trabalho em equipe
 - Ambiente físico de trabalho
6. O sexto passo consiste na quantificação da probabilidade de erro humano (HEP) de cada etapa analisada da tarefa, por meio de uma fórmula que considera o valor nominal do HEP (0,01) e o peso aplicado para os fatores influenciadores de desempenho (PSF) aplicáveis. A probabilidade de erro humano (HEP) é calculada multiplicando-se o valor nominal do HEP pelo multiplicador de cada PSF, ou seja:

HEP = 0,01 (HEP Nominal) x multiplicador (Tempo) x multiplicador (Estresse de Ameaça) x multiplicador (Complexidade da Tarefa) x multiplicador (Experiência/Treinamento) x multiplicador (Procedimentos) x multiplicador (HMI) x multiplicador (Atitudes em relação à Segurança, Trabalho e Suporte à Gestão) x multiplicador (Trabalho em equipe) x multiplicador (Ambiente físico de trabalho)

7. Por fim, o último passo consiste nas melhorias a serem implementadas de modo a minimizar o risco por meio da redução da probabilidade do erro humano.

Este método identifica as tarefas mais sensíveis aos erros humanos e os fatores influenciadores de desempenho (PSF) que mais contribuem para a probabilidade de erro, podendo ser utilizado dentro do contexto da análise quantitativa de riscos (QRA) ou como uma análise individual, como é o caso do estudo de caso aplicado no presente trabalho.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Procedimento escolhido e cenário analisado

Para a definição do procedimento a ser usado neste trabalho, partiu-se da avaliação do estudo de risco HAZOP-LOPA da Unidade de Destilação Atmosférica e Vácuo. Foi escolhido um cenário considerado crítico (severidade IV) e que tenha como salvaguarda um procedimento de resposta de um operador a um alarme operacional. Este cenário pode ser visto na Figura 3 a seguir.

Figura 3: Camadas de Proteção Típicas

Subsistema:		Topo da Estabilizadora																						
Nó: 15		O nó envolve o sistema de topo da Torre estabilizadora. Circuito: Os gases efluentes (GLP, GC, H2S, etc.) do topo passam pelos cascos dos trocadores de calor e na sequência vão para o vaso de topo, possuindo as seguintes saídas: 1) Água Ácida: Sai pela fundo do vaso e é encaminhada a outro vaso que trabalha como bota, na sequência passa pela válvula de controle de nível, finalizando o nó no bloqueio à jusante da LDV. OBS: entrando no vaso,/bota tem-se ainda, o alinhamento proveniente do 01V13, que recebe a drenagem de condensado que pode se acumular na panela de refluxo. 2) Óleo: sai pelo fundo vaso, com duas opções de alinhamento: 2.1) GLP para tratamento; 2.2) Refluxo de topo. 3) Gases: Saem pelo topo do vaso, com as seguintes opções: 3.1) Envio para o GC p/ queima em fornos; 3.2) Envio para Tocha comum. finalizando o nó no bloqueio à jusante da PV; 3.3) Envio de gás para o CCF finalizando o nó nos bloqueios à jusante da PV. OBS: Temos ainda, como entrando na linha de topo no nó, a injeção de inibidor de corrosão.																						
		Desvios		Avaliação da Frequência			Possíveis Efeitos			Severid. Conseq.			RRF Requerido			Modos de Detecção / Salvaguardas		IPL		RRF	RRF Total	RRF Gap		
		Item	Possíveis Causas	Freq.	S	E				A	S	E	A	S	E							A		
		Fluxo Maior	3.8	Falha na malha 01TIC065/01FIC023 abrindo a 01FV23	10	Danos as bomba 01P13A/B por secamento do 01V02, com risco de vazamento e incêndio em nuvem e/ou liberação de H2S	4	1	2	1000	TR	10	(RS) Resposta do operador ao alarme de nível baixo na 01LIC20. (S) 01PSH304/303: Intertravamento de parada das bombas em caso de pressão alta no selo	(IPL) Resposta do operador ao alarme de nível baixo na 01LIC20.	10	1000	TR	TR	TR					
													(S) Selo duplo com alarme no interstício (01PSH303/304)	(IPL) Selo duplo com alarme no interstício (01PSH303/304)	100									
3.9	Falha na malha 01TIC065/01FIC023 abrindo a 01FV23		10	Danos as bomba 01P11A/B por secamento do 01V02, com risco de vazamento e incêndio em nuvem e/ou liberação de H2S	4	1	2	1000	TR	10	(RS) Resposta do operador ao alarme de nível baixo na 01LIC20. (S) 01PSH301/302: Intertravamento de parada das bombas em caso de pressão alta no selo	(IPL) Resposta do operador ao alarme de nível baixo na 01LIC20.	10	1000	TR	TR	TR							
											(S) Selo duplo com alarme no interstício (01PSH301/302)	(IPL) Selo duplo com alarme no interstício (01PSH301/302)	100											

Fonte: Autor (2023)

Um fluxograma de processo simplificado do cenário pode ser visto na Figura 4 a seguir.

The diagram illustrates a complex chemical process with the following components and flow details:

- Central Vessel:** VASO ACUMULADOR DE TOPO DA 0001-C-0003 (Top Accumulator Vessel of 0001-C-0003).
- Distillation Column:** 0001-V-0002 (TOCHA) - Distillation Column (Reflux).
- Reflux Pump:** 0001-P-0013A BOMBA DE REFLUXO DE TOPO DA 0001-C-0003.
- Other Vessels:** 0001-F-0011A, 0001-F-0011B, 0001-F-0011C, 0001-F-0011D, 0001-F-0008-F11-N, 0001-P-0011A, 0001-P-0011B, 0001-P-0011C, 0001-P-0011D, 0001-P-0011E, 0001-P-0011F, 0001-P-0011G, 0001-P-0011H, 0001-P-0011I, 0001-P-0011J, 0001-P-0011K, 0001-P-0011L, 0001-P-0011M, 0001-P-0011N, 0001-P-0011O, 0001-P-0011P, 0001-P-0011Q, 0001-P-0011R, 0001-P-0011S, 0001-P-0011T, 0001-P-0011U, 0001-P-0011V, 0001-P-0011W, 0001-P-0011X, 0001-P-0011Y, 0001-P-0011Z.
- Pumps and Motors:** 0001-P-0001, 0001-P-0002, 0001-P-0003, 0001-P-0004, 0001-P-0005, 0001-P-0006, 0001-P-0007, 0001-P-0008, 0001-P-0009, 0001-P-0010, 0001-P-0011, 0001-P-0012, 0001-P-0013, 0001-P-0014, 0001-P-0015, 0001-P-0016, 0001-P-0017, 0001-P-0018, 0001-P-0019, 0001-P-0020, 0001-P-0021, 0001-P-0022, 0001-P-0023, 0001-P-0024, 0001-P-0025, 0001-P-0026, 0001-P-0027, 0001-P-0028, 0001-P-0029, 0001-P-0030, 0001-P-0031, 0001-P-0032, 0001-P-0033, 0001-P-0034, 0001-P-0035, 0001-P-0036, 0001-P-0037, 0001-P-0038, 0001-P-0039, 0001-P-0040, 0001-P-0041, 0001-P-0042, 0001-P-0043, 0001-P-0044, 0001-P-0045, 0001-P-0046, 0001-P-0047, 0001-P-0048, 0001-P-0049, 0001-P-0050, 0001-P-0051, 0001-P-0052, 0001-P-0053, 0001-P-0054, 0001-P-0055, 0001-P-0056, 0001-P-0057, 0001-P-0058, 0001-P-0059, 0001-P-0060, 0001-P-0061, 0001-P-0062, 0001-P-0063, 0001-P-0064, 0001-P-0065, 0001-P-0066, 0001-P-0067, 0001-P-0068, 0001-P-0069, 0001-P-0070, 0001-P-0071, 0001-P-0072, 0001-P-0073, 0001-P-0074, 0001-P-0075, 0001-P-0076, 0001-P-0077, 0001-P-0078, 0001-P-0079, 0001-P-0080, 0001-P-0081, 0001-P-0082, 0001-P-0083, 0001-P-0084, 0001-P-0085, 0001-P-0086, 0001-P-0087, 0001-P-0088, 0001-P-0089, 0001-P-0090, 0001-P-0091, 0001-P-0092, 0001-P-0093, 0001-P-0094, 0001-P-0095, 0001-P-0096, 0001-P-0097, 0001-P-0098, 0001-P-0099, 0001-P-0100, 0001-P-0101, 0001-P-0102, 0001-P-0103, 0001-P-0104, 0001-P-0105, 0001-P-0106, 0001-P-0107, 0001-P-0108, 0001-P-0109, 0001-P-0110, 0001-P-0111, 0001-P-0112, 0001-P-0113, 0001-P-0114, 0001-P-0115, 0001-P-0116, 0001-P-0117, 0001-P-0118, 0001-P-0119, 0001-P-0120, 0001-P-0121, 0001-P-0122, 0001-P-0123, 0001-P-0124, 0001-P-0125, 0001-P-0126, 0001-P-0127, 0001-P-0128, 0001-P-0129, 0001-P-0130, 0001-P-0131, 0001-P-0132, 0001-P-0133, 0001-P-0134, 0001-P-0135, 0001-P-0136, 0001-P-0137, 0001-P-0138, 0001-P-0139, 0001-P-0140, 0001-P-0141, 0001-P-0142, 0001-P-0143, 0001-P-0144, 0001-P-0145, 0001-P-0146, 0001-P-0147, 0001-P-0148, 0001-P-0149, 0001-P-0150, 0001-P-0151, 0001-P-0152, 0001-P-0153, 0001-P-0154, 0001-P-0155, 0001-P-0156, 0001-P-0157, 0001-P-0158, 0001-P-0159, 0001-P-0160, 0001-P-0161, 0001-P-0162, 0001-P-0163, 0001-P-0164, 0001-P-0165, 0001-P-0166, 0001-P-0167, 0001-P-0168, 0001-P-0169, 0001-P-0170, 0001-P-0171, 0001-P-0172, 0001-P-0173, 0001-P-0174, 0001-P-0175, 0001-P-0176, 0001-P-0177, 0001-P-0178, 0001-P-0179, 0001-P-0180, 0001-P-0181, 0001-P-0182, 0001-P-0183, 0001-P-0184, 0001-P-0185, 0001-P-0186, 0001-P-0187, 0001-P-0188, 0001-P-0189, 0001-P-0190, 0001-P-0191, 0001-P-0192, 0001-P-0193, 0001-P-0194, 0001-P-0195, 0001-P-0196, 0001-P-0197, 0001-P-0198, 0001-P-0199, 0001-P-0200, 0001-P-0201, 0001-P-0202, 0001-P-0203, 0001-P-0204, 0001-P-0205, 0001-P-0206, 0001-P-0207, 0001-P-0208, 0001-P-0209, 0001-P-0210, 0001-P-0211, 0001-P-0212, 0001-P-0213, 0001-P-0214, 0001-P-0215, 0001-P-0216, 0001-P-0217, 0001-P-0218, 0001-P-0219, 0001-P-0220, 0001-P-0221, 0001-P-0222, 0001-P-0223, 0001-P-0224, 0001-P-0225, 0001-P-0226, 0001-P-0227, 0001-P-0228, 0001-P-0229, 0001-P-0230, 0001-P-0231, 0001-P-0232, 0001-P-0233, 0001-P-0234, 0001-P-0235, 0001-P-0236, 0001-P-0237, 0001-P-0238, 0001-P-0239, 0001-P-0240, 0001-P-0241, 0001-P-0242, 0001-P-0243, 0001-P-0244, 0001-P-0245, 0001-P-0246, 0001-P-0247, 0001-P-0248, 0001-P-0249, 0001-P-0250, 0001-P-0251, 0001-P-0252, 0001-P-0253, 0001-P-0254, 0001-P-0255, 0001-P-0256, 0001-P-0257, 0001-P-0258, 0001-P-0259, 0001-P-0260, 0001-P-0261, 0001-P-0262, 0001-P-0263, 0001-P-0264, 0001-P-0265, 0001-P-0266, 0001-P-0267, 0001-P-0268, 0001-P-0269, 0001-P-0270, 0001-P-0271, 0001-P-0272, 0001-P-0273, 0001-P-0274, 0001-P-0275, 0001-P-0276, 0001-P-0277, 0001-P-0278, 0001-P-0279, 0001-P-0280, 0001-P-0281, 0001-P-0282, 0001-P-0283, 0001-P-0284, 0001-P-0285, 0001-P-0286, 0001-P-0287, 0001-P-0288, 0001-P-0289, 0001-P-0

19

Desta forma, foi escolhido o procedimento de resposta do operador ao alarme de nível baixo na 01LIC20. Este procedimento, resumidamente, tem as seguintes ações:

Lista de Tarefas: Resposta do Técnico de Operação ao alarme de nível baixo na 001-LIC-020 devido falha na malha de controle de temperatura da 001-TIC-065/001-FIC-023 (abrindo a 001-FV-023)

1. Solicitar Técnico de Operação de área verificar LG do 001-V-002 e confirmar se nível baixo é condizente com o 001-LIC-020;
 - 1.1. Verificar se o operador de campo está no equipamento correto através da comunicação de 3 vias
 - 1.2. Verificar no campo o nível do vaso de topo da estabilizadora
 - 1.3. Confirmar se a indicação de nível no painel é condizente com a indicação da área
2. Caso confirme indicação de nível coerente, verificar a abertura da válvula de GLP, 001-FV-026, para tanque no campo.
 - 2.1. Verificar se o operador de campo está no equipamento correto através da comunicação de 3 vias
 - 2.2. Passar malha para manual
 - 2.3. Fazer modulação da válvula de GLP para tanque
 - 2.4. Observar se haverá movimentação da válvula de GLP para tanque
3. Proceder a operação da 001-FV-026 pelo by-pass, caso seja detectado a não movimentação da válvula.
 - 3.1. Informar o início da abertura da válvula
 - 3.2. Abrir lentamente o by-pass da válvula de GLP para tanque
 - 3.3. Ajustar vazão conforme necessidade do processo para estabilização da unidade.

- 3.4. Confirmar que houve a estabilização do processo.
4. Caso não tenha normalizado o sistema, verificar a abertura da válvula de refluxo de topo, 001-FV-023.
 - 4.1. Verificar se o operador de campo está no equipamento correto através da comunicação de 3 vias.
 - 4.2. Passar malha para manual
 - 4.3. Fazer modulação da válvula de refluxo de topo
 - 4.4. Observar se haverá movimentação da válvula de refluxo de topo
5. Proceder a operação pelo by-pass da 001-FV-023, caso seja detectado a não movimentação da válvula.
 - 5.1. Informar o início da abertura da válvula
 - 5.2. Abrir lentamente o by-pass da válvula de refluxo de topo
 - 5.3. Ajustar vazão conforme necessidade do processo para estabilização da unidade.
 - 5.4. Confirmar que houve a estabilização do processo.
6. Caso ocorra cavitação da bomba de refluxo de topo, 001-P-011 A/B, realizar ajustes na vazão de bombeio e/ou escorva para sistema de tocha, a fim de garantir a operação satisfatória do equipamento;
7. Caso ocorra cavitação da bomba de GLP para tanque, 001-P-013 A/B, realizar ajustes na vazão de bombeio e/ou escorva para sistema de tocha, a fim de garantir a operação satisfatória do equipamento.
8. Caso não tenha normalizado o sistema, proceder ajustes na unidade (redução de carga, temperatura de fundo, contorno da unidade, ajuste de pressão) conforme orientação do supervisor/coordenador afim de estabilizar condições de processo.

3.2. Avaliação do tempo de resposta do operador e do tempo de segurança do processo

Conforme já foi descrito, para ser considerada como uma Camada de Proteção Independente – IPL, a resposta do operador a um alarme no SSC, dentre os requisitos que devem ser atendidos, temos um referente à ação do operador em resposta ao alarme, que deve ser suficiente para interromper o cenário em intervalo de tempo inferior ao tempo de segurança do processo relacionado ao cenário considerado.

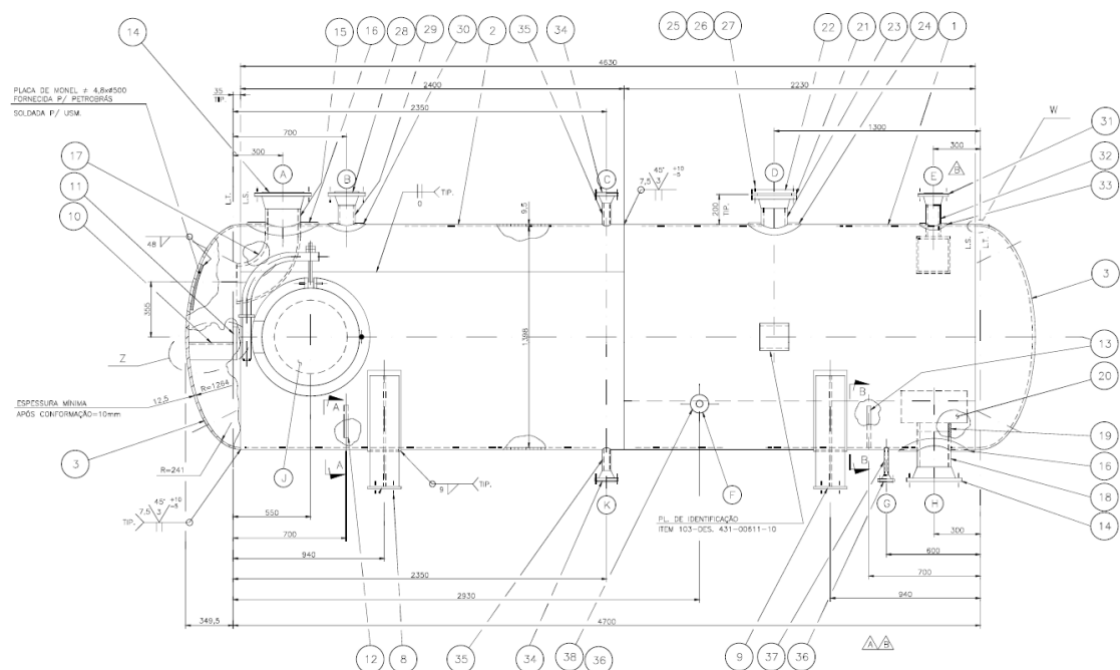
Desta forma, foi determinado este tempo de resposta no procedimento escolhido para o estudo, bem como o tempo de segurança do processo.

3.2.1. Avaliação do tempo de segurança de processo

Para o cálculo deste tempo, foram considerados os seguintes dados:

1. O alarme de nível baixo do 001-LALL-020 é de 20%
2. Os dados do 01-V-02 são: diâmetro: 1.398 mm; comprimento: 4.700 mm, (abaixo Figura 8). O que leva a um volume total de 7,21 m³.
3. Para o cálculo da vazão de GLP com a abertura total da 001-FV-023, foi considerado a diferença de vazão entre a abertura normal na 001-FV-0023 (60% na válvula, 396 m³/d) e sua abertura total (100% na válvula, 539 m³/d). Desta forma, o aumento de vazão de GLP fica em 156 m³/d (7 m³/h).
4. Para o cálculo do volume de GLP disponível no 001-V-002, calculou-se o volume disponível no vaso quando do alarme nível baixo (001-LALL-020, 20%), chegando a 2,3 m³.
5. Com estas duas informações (aumento de vazão de GLP na 001-FV-023, 7 m³/h) e volume disponível de GLP (20% na 001-LIC-020, 2,3 m³), chega-se ao tempo de segurança de processo de 21 minutos.

Figura – 001-V-002: Vaso de topo da estabilizadora GLP/Nafta



Fonte: Arquivo Técnico Petrobras (1997)

3.2.2. Avaliação do tempo de resposta do operador ao alarme de nível baixo no 001-V-002

As medições dos tempos necessários para cada passo do procedimento escolhido podem ser vistas na Tabela 4 a seguir. Estes tempos foram determinados através de um simulado de campo na planta de processo.

Tabela 4: Avaliação dos tempos gastos no procedimento

Etapa do Procedimento	Tempo	Tempo calculado
1. Solicitar TO de área verificar LG do 001-V-002 e confirmar se nível baixo é condizente com o 001-LIC-020	00:06:10	00:06:10
1.1. Verificar se o operador de campo está no equipamento correto através da comunicação de 3 vias	00:00:10	
1.2. Verificar no campo o nível do vaso de topo da estabilizadora (*)	00:05:00	
1.3. Confirmar se a indicação de nível no painel é condizente com a indicação da área	00:01:00	
2. Caso confirme indicação de nível coerente, verificar a abertura da válvula de GLP, 001-FV-026, para tanque no campo	00:02:30	00:08:40

2.1. Verificar se o operador de campo está no equipamento correto através da comunicação de 3 vias	00:00:10	
2.2. Passar malha para manual	00:00:20	
2.3. Fazer modulação da válvula de GLP para tanque (*)	00:02:00	
2.4. Observar se haverá movimentação da válvula de GLP para tanque (**)	00:02:00	
3. Proceder a operação da 001-FV-026 pelo by-pass, caso seja detectado a não movimentação da válvula.	00:05:05	00:13:45
3.1. Informar o início da abertura da válvula	00:00:05	
3.2. Abrir lentamente o by-pass da válvula de GLP para tanque	00:05:00	
3.3. Ajustar vazão conforme necessidade do processo para estabilização da unidade. (**)	00:30:00	
3.4. Confirmar que houve a estabilização do processo (**)	00:02:00	
4. Caso não tenha normalizado o sistema, verificar a abertura da válvula de refluxo de topo, 001-FV-023	00:02:30	00:11:10
4.1. Verificar se o operador de campo está no equipamento correto através da comunicação de 3 vias	00:00:10	
4.2. Passar malha para manual	00:00:20	
4.3. Fazer modulação da válvula de refluxo de topo (*)	00:02:00	
4.4. Observar se haverá movimentação da válvula de refluxo de topo (**)	00:02:00	
5. Proceder a operação pelo by-pass da 001-FV-023, caso seja detectado a não movimentação da válvula.	00:05:05	00:16:15
5.1. Informar o início da abertura da válvula	00:00:05	
5.2. Abrir lentamente o by-pass da válvula de refluxo de topo	00:05:00	
5.3. Ajustar vazão conforme necessidade do processo para estabilização da unidade. (**)	00:30:00	
5.4. Confirmar que houve a estabilização do processo (**)	00:02:00	
6. Caso ocorra cavitação da bomba de refluxo de topo, 001-P-011 A/B, realizar ajustes na vazão de bombeio e/ou escorva para sistema de tocha, a fim de garantir a operação satisfatória do equipamento	00:10:00	
7. Caso ocorra cavitação da bomba de GLP para tanque, 001-P-013 A/B, realizar ajustes na vazão de bombeio e/ou escorva para sistema de tocha, a fim de garantir a operação satisfatória do equipamento	00:10:00	
8. Caso não tenha normalizado o sistema, proceder ajustes na unidade (redução de carga, temperatura de fundo, contorno da unidade, ajuste de pressão) conforme orientação do supervisor/coordenador afim de estabilizar condições de processo	00:30:00	
(*) Incluído tempo de locomoção do operador		
(**) As etapas destacadas em vermelho não foram consideradas no cálculo do tempo		

Fonte: Autor (2024)

Da tabela 4 podemos destacar dois tempos importantes:

1. Caso a falha esteja na 001-FV-026, o tempo total necessário para o problema que levou ao alarme de nível baixo ser contornado ficou em 00:13:45.
2. Caso a falha esteja na 001-FV-023 o tempo total necessário para o problema que levou ao alarme de nível baixo ser contornado ficou em 00:16:15.

A partir dos tempos encontrados nos itens 3.3.1 e 3.3.2 temos que o operador tem tempo suficiente disponível para responder ao alarme de nível baixo no 001-V-002 e completar a ação necessária, e este tempo é menor que o tempo necessário para que o evento de danos às bombas 001-P-011A/B e 001-P-013A/B com risco de vazamento e incêndio em nuvem e/ou liberação de H₂S se torne inevitável.

3.3. Estudo de caso

A seguir, será apresentado o estudo de caso que consiste na aplicação dos 7 passos da metodologia ao procedimento e cenário escolhido pelo grupo.

3.3.1. Passo 1: Definição do cenário

. Local do evento: como o procedimento escolhido é o de resposta do técnico de operação ao alarme de nível baixo no vaso de topo da torre estabilizadora abrindo a válvula de reciclo de topo, então o local do evento envolve o técnico de operação no console da casa de controle central e o técnico de operação na área operacional.

. Condições ambientais externas: como a refinaria de petróleo é uma operação contínua e o alarme de nível baixo pode acontecer em qualquer momento, as condições ambientais externas são bastante variadas. Pode ser de dia, de noite, em condições ambientais boas ou adversas.

. Modo operacional: a unidade estava operando em condições estáveis quando soou o alarme de nível baixo no vaso de topo da torre estabilizadora.

. Sistema de segurança/barreiras: o sistema dispõe de alarme de nível baixo no vaso de topo e as bombas possuem selos duplos com alarme no interstício.

. Funções e responsabilidades do pessoal: o pessoal envolvido no procedimento é o técnico de operação que tem seu posto de trabalho na casa de controle (localizada longe da área operacional) e o técnico de operação que tem seu posto de trabalho na área operacional (a área de descanso do operador está localizada a cerca de 200 metros da área operacional).

. Iniciando evento: alarme de nível baixo no vaso de topo da torre estabilizadora,

. Eventos intermediários: não foram considerados eventos intermediários.

. Fim do evento (sucesso): detectado o problema na válvula de controle, passado a operação da válvula de controle para o contorno e retorno à operação normal da unidade.

. Fim do evento (fracasso): danos as bombas 01P13A/B ou 01P11A/B por secamento do 01V02, em que as consequências esperadas são vazamento e incêndio em nuvem e/ou liberação de H₂S.

. Duração do cenário: é o tempo entre o alarme inicial de nível baixo e a atuação de correção pelo técnico de operação da área. Este tempo pode variar de cerca de 5 minutos, caso for apenas uma indicação incorreta do nível do vaso de topo, até cerca de 20 minutos, caso tenha que passar a válvula de controle para operação pelo contorno desta válvula.

3.3.2. Passo 2: Coleta de Dados Qualitativos

Foi analisado o cenário do estudo de risco selecionado e o procedimento da tarefa crítica, respondendo às perguntas orientativas definidas na metodologia PETRO-HRA, para entender melhor as características da tarefa e sua relação com o cenário selecionado.

. Compreensão clara do cenário e requisitos para a resposta do operador: os operadores conhecem o procedimento, o cenário e as ações que devem tomar. Como se tem a comunicação em 3 vias entre o técnico de operação de área e o técnico de operação da casa de controle, a chance de divergência de entendimento entre os operadores é pequena.

. Facilidade de uso de controles e telas durante o cenário: a operação do console é facilitada uma vez que todo o sistema é visualizado na mesma tela.

. Disponibilidade e uso de documentação de apoio, como procedimentos de resposta a emergências: os procedimentos são disponibilizados em pastas anexadas tanto na área operacional quanto na casa de controle.

. Resolução de problemas, tomada de decisão e estratégias e protocolos de ação: os técnicos de operação têm autonomia de tomada de decisão nestes casos, sem necessidade de consulta ao supervisor do turno.

. Nível e qualidade do treinamento no cenário de análise: os estudos de riscos são de conhecimento dos técnicos de operação e os técnicos de operação passam periodicamente por uma verificação de conformidade de procedimentos operacionais realizado pelos supervisores.

. Qualidade do ambiente de trabalho, telas e controles: a casa de controle está bem projetada, tanto em relação à luminosidade quanto à geração de ruídos. As telas são adequadamente mantidas e tem poucos relatos de problemas,

. Nível e qualidade do trabalho em equipe e comunicação entre os operadores: a comunicação em 3 vias já é realizada e periodicamente há uma avaliação pelos supervisores da comunicação via rádio.

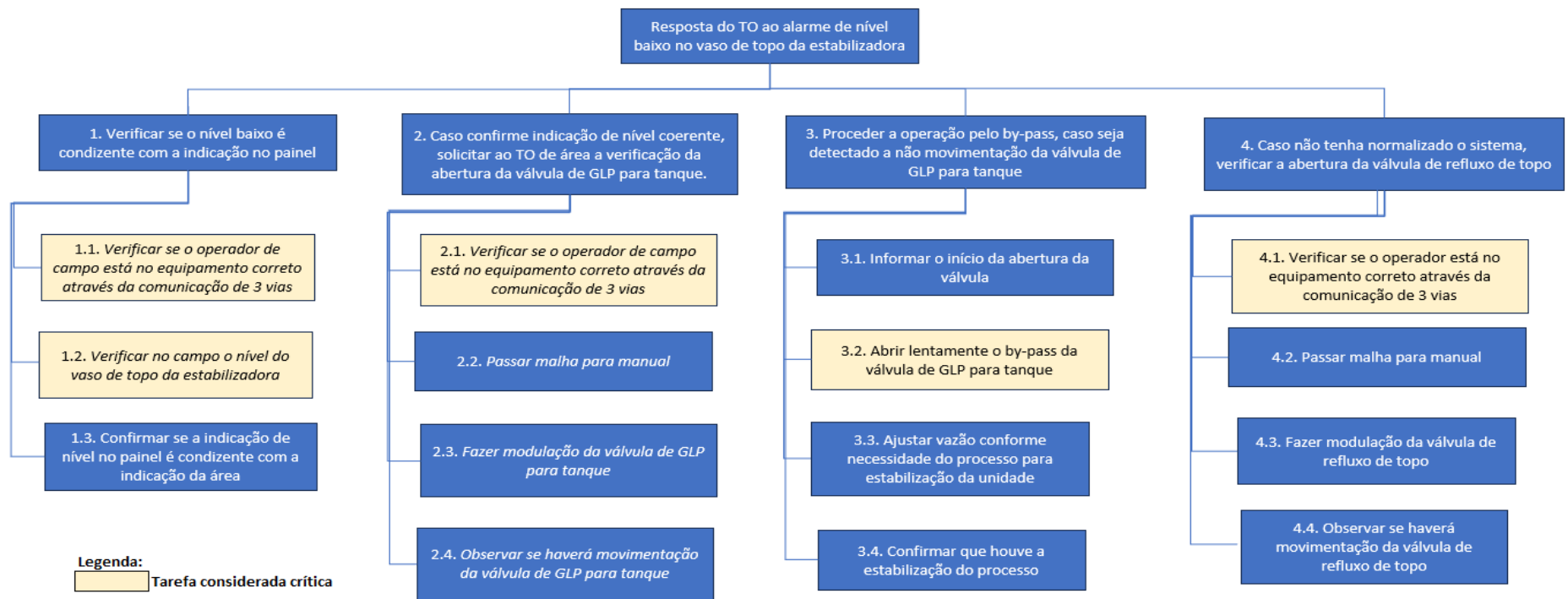
Dificuldades reais ou percebidas associadas à resposta ao cenário: o principal levantado neste cenário é o acesso ao vaso de topo para a verificação do nível deve ser feita através de escada de marinho.

3.3.3. Passo 3: Análise de Tarefas

O procedimento de resposta do técnico de operação foi desmembrado em uma análise hierárquica de tarefa, por meio da qual foi determinado as tarefas/subtarefas mais críticas para o cenário levantado. Como premissa, foram selecionadas de acordo com o conhecimento e experiência do grupo as tarefas/subtarefas nas quais os erros humanos potenciais podem levar a consequências com maior severidade.

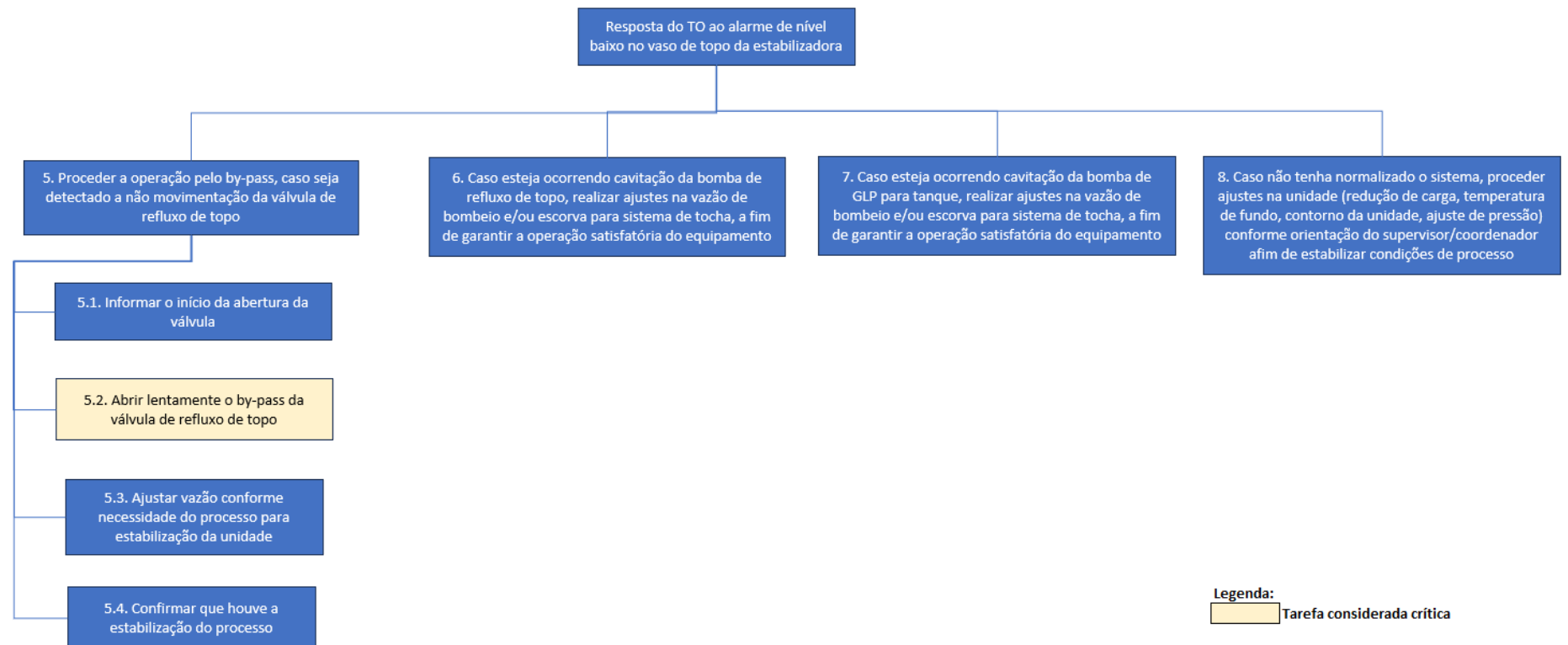
As Figuras 5 e 6 apresentam a Análise Hierárquica da Tarefa (HTA- *Hierarchical Task Analysis*) realizada, onde as tarefas/subtarefas consideradas críticas para o cenário analisado destacadas na cor ouro.

Figura 5 – Análise Hierárquica da Tarefa (HTA), onde as tarefas/subtarefas críticas estão destacadas.



Fonte: Autor (2024)

Figura 6 – Análise Hierárquica da Tarefa (HTA), onde a tarefa/subtarefa crítica está destacada.



Fonte: Autor (2024)

3.3.4. Passo 4: Identificação de Erro Humano

Foram identificados os possíveis erros humanos relacionados às tarefas/subtarefas críticas que são apresentadas na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3: Análise Tabular de Tarefas (TTA)

Número da tarefa	Descrição	Procedimento	A deixa	Feedback	HMI, displays and controls	Responsável	Potencial erro HUMANO	Consequência provável	Oportunidade de recuperação	Performance Shaping Factors
SUBTAREFA 1.1	Verificar se o operador de campo está no equipamento correto através da comunicação de 3 vias	Resposta do operador ao alarme de nível baixo no vaso de topo da estabilizadora	Através da solicitação do operador de painel (console)	Operador de campo verifica o TAG do equipamento na área	Visualização do equipamento na área	Operador(a) de campo	I2 Informação errada comunicada	Informar nível de equipamento errado para o operador de console	Na comunicação de retorno ao operador de console (comunicação de 3 vias)	Estresse de ameaça Interface Humana-Máquina
SUBTAREFA 1.2	Verificar no campo o nível do vaso de topo da estabilizadora	Resposta do operador ao alarme de nível baixo no vaso de topo da estabilizadora	Através da solicitação do operador de painel (console)	Operador de campo verifica o nível do equipamento na área	Visualização do LG na área	Operador(a) de campo	V3 Verificação certa em equipamento errado	Informar nível certo do equipamento errado para o operador de console	Não há chance de outra pessoa recuperar	Estresse de ameaça Interface Humana-Máquina Ambiente Físico de Trabalho
							V4 Verificação errada em equipamento certo	Informar nível errado do equipamento certo para o operador de console	Não há chance de outra pessoa recuperar	Estresse de ameaça Interface Humana-Máquina Ambiente Físico de Trabalho
SUBTAREFA 2.1	Verificar se o operador de campo está no equipamento correto através da comunicação de 3 vias	Resposta do operador ao alarme de nível baixo no vaso de topo da estabilizadora	Através da solicitação do operador de painel (console)	Operador de campo verifica o TAG do equipamento na área	Visualização do equipamento na área	Operador(a) de campo	I2 Informação errada comunicada	Informar posição de válvula errada para o operador de console	Na comunicação de retorno ao operador de console (comunicação de 3 vias)	Estresse de ameaça Interface Humana-Máquina
SUBTAREFA 3.2	Abrir lentamente o by-pass da válvula de GLP para tanque	Resposta do operador ao alarme de nível baixo no vaso de topo da estabilizadora	Através da solicitação do operador de painel (console)	Operador de painel (console) informa a variação da vazão de GLP para tanque	Atuação na válvula de by-pass	Operador(a) de de campo	A6 Operação correta no objeto errado	Variação no processo devido atuação incorreta	Feed-back do operador de console (painel)	Estresse de ameaça Complexidade da tarefa Procedimentos
							A7 Operação errada no objeto certo	Variação no processo devido atuação incorreta	Feed-back do operador de console (painel)	Estresse de ameaça Complexidade da tarefa Procedimentos
SUBTAREFA 4.2	Verificar se o operador de campo está no equipamento correto através da comunicação de 3 vias	Resposta do operador ao alarme de nível baixo no vaso de topo da estabilizadora	Através da solicitação do operador de painel (console)	Operador de campo verifica o TAG do equipamento na área	Visualização do equipamento na área	Operador(a) de campo	I2 Informação errada comunicada	Informar posição de válvula errada para o operador de console	Na comunicação de retorno ao operador de console (comunicação de 3 vias)	Estresse de ameaça Interface Humana-Máquina
SUBTAREFA 5.2	Abrir lentamente o by-pass da válvula de refluxo de topo	Resposta do operador ao alarme de nível baixo no vaso de topo da estabilizadora	Através da solicitação do operador de painel (console)	Operador de painel (console) informa a variação da vazão do refluxo de topo	Atuação na válvula de by-pass	Operador(a) de de campo	A6 Operação correta no objeto errado	Variação no processo devido atuação incorreta	Feed-back do operador de console (painel)	Estresse de ameaça Complexidade da tarefa Procedimentos
							A7 Operação errada no objeto certo	Variação no processo devido atuação incorreta	Feed-back do operador de console (painel)	Estresse de ameaça Complexidade da tarefa Procedimentos

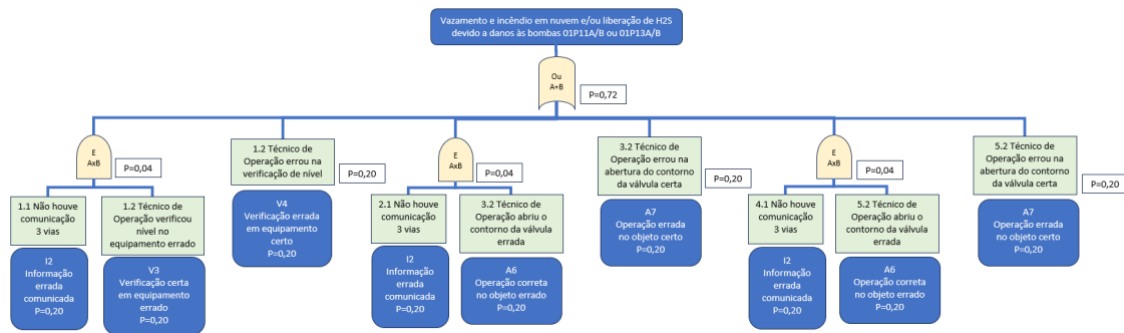
Fonte: Autor (2024)

Nota: “A deixa”: solicitação de quem; “Feedback”: forma de verificação; “HMI, display and controls”: onde é realizado a verificação/atuação

3.3.5. Passo 5: Modelagem de Erro Humano

O quinto passo consistiu na modelagem dos erros humanos por meio da construção de uma árvore de falhas para o cenário selecionado, conforme Figura 7. Aqui é interessante destacar que ao elaborar a árvore de falhas foi observado que para algumas tarefas, mais especificamente as tarefas 1.2, 3.2 e 5.2, existem duas formas de erros. Uma atuando no equipamento errado de uma forma correta e outra atuando de uma forma errada no equipamento certo. Com isto, foi necessário retornar ao passo 4 para refazer a análise tabular de tarefas com estas formas de erros.

Figura 7 – Árvore de Falhas com a Modelagem de Erro Humano



Fonte: Autor (2024)

3.3.6. Passo 6: Quantificação do Erro Humano

Para a quantificação dos erros humanos, foi utilizada a fórmula definida por Bye et al., (2017):

$$HEP = (Nominal\ HEP) \times Nível\ PSF \quad (Eq. 1)$$

Onde:

HEP = Probabilidade de erro humano (do inglês, Human Error Probability), a saber 0,01

Nível PSF = Nível dos fatores influenciadores de desempenho

Para cada subtarefa analisada, atribuiu-se um nível para os PSF com base na sua relevância para contribuir com o erro humano potencial e calculou-se a probabilidade de ocorrência de erro humano, o seu HEP. Adicionalmente, a partir da árvore de falhas elaborada no passo 5,

conheceu-se a relação entre as subtarefas do procedimento crítico e as salvaguardas consideradas no estudo de risco para o cenário avaliado, bem como o risco global do cenário avaliado.

As tabelas com a quantificação da probabilidade de erro humano das tarefas/subtarefas consideradas críticas podem ser vistas no apêndice A.

Avaliando o passo 5 – Modelagem do Erro Humano e o passo 6 – Quantificação do erro Humano podemos destacar que as seguintes tarefas possuem maior contribuição dos fatores influenciadores de desempenho sugeridos pela Petro-HRA e, conseqüentemente, são mais sensíveis à ocorrência de um erro humano que pode gerar o cenário acidental estudado:

- . Não houve comunicação 3 vias
- . Técnico de Operação errou na verificação de nível
- . Técnico de Operação errou na abertura do contorno da válvula certa

Para estas subtarefas, foram identificados quais fatores influenciadores de desempenho como tendo impacto mais significativo. São eles:

- . Para Não houve comunicação 3 vias, temos:
 - . estresse por ameaça e
 - . interface homem-máquina
- . Para Técnico de Operação errou na verificação de nível, temos:
 - . estresse por ameaça
 - . interface homem-máquina e
 - . ambiente físico de trabalho
- . Para Técnico de Operação errou na abertura do contorno da válvula certa, temos:

- . estresse por ameaça,

- . tarefa complexa e

- . procedimento.

Assim, o grupo realizou a proposição de estratégias e medidas para mitigação de erros humanos para esses cinco fatores influenciadores de desempenho.

3.3.7. Passo 7: Redução de Erros Humanos

As estratégias de redução de erros e medidas de redução de erros foram desenvolvidas com base nas conclusões do Petro-HRA. Enquanto medidas de redução de erros (ERMs - *Error Reducing Measures*) visam alcançar a redução de riscos visando erros humanos específicos para etapas específicas da tarefa, as estratégias de redução de erros (ERS - *Error Reducing Strategy*) visam reduzir o risco melhorando o desempenho da tarefa em várias etapas da tarefa, ou mesmo entre diferentes cenários de acidentes.

Proposição de estratégias e medidas para mitigação de erros humanos para esses fatores influenciadores de desempenho:

- . Definir que todas as comunicações entre técnicos de operação devem ser confirmadas através de repetição da informação recebida (comunicação 3 vias) - (relacionado aos fatores influenciadores humanos: estresse por ameaça e interface homem-máquina)

- . Reavaliar o programa de manutenção preventiva nos indicadores de níveis nas áreas operacionais dos equipamentos considerado críticos de tal forma a garantir a operabilidade destes indicadores de níveis - (relacionado aos fatores influenciadores humanos: estresse por ameaça, interface homem-máquina e ambiente físico de trabalho).

- . Verificar o acesso e a iluminação do local - (relacionado aos fatores influenciadores humanos: estresse por ameaça, interface homem-máquina e ambiente físico de trabalho).
- . Realizar conscientização periódica da força de trabalho, sobre as possíveis consequências da não realização adequada dos procedimentos críticos - (relacionado aos fatores influenciadores humanos: estresse por ameaça, interface homem-máquina, ambiente físico de trabalho, tarefa complexa e procedimento)
- . Fornecer treinamento regular para os Técnicos de Operação sobre os diferentes tipos de válvulas de controle disponível nas áreas operacionais - (relacionado aos fatores influenciadores humanos: estresse por ameaça, tarefa complexa e procedimento).
- . Adequar os procedimentos operacionais criando uma lista de verificação para a atividade de passar a operação das válvulas de controle para o contorno - (relacionado aos fatores influenciadores humanos: estresse por ameaça, tarefa complexa e procedimento).

3.3.8. Reavaliação dos PSF e recálculo do HEP

Para fazer a reavaliação dos PSF e o recálculo dos HEP's foi considerado que as estratégias e medidas para mitigação de erros humanos colocados anteriormente foram implementadas. As tabelas com a reavaliação das probabilidades de erro humano das tarefas/subtarefas consideradas críticas podem ser vistas no apêndice B.

Na Tabela 5 é mostrado uma comparação dos PSF e HEP antes e após a etapa de redução de erros. Foi realizada então uma avaliação para determinar se os novos HEP calculados são aceitáveis ou não. Pode-se observar na Tabela 4 que os valores de HEP não ficaram baixos (ou seja, $<0,01$).

Foi feita então uma nova verificação nos fatores influenciadores de desempenho e observou-se que apenas o fator “estresse de ameaça” ficou acima do nominal com um fator multiplicador de 2. Como o procedimento avaliado é o de resposta do operador a um alarme, ou seja, já parte de um fator gerador de estresse, foi pensado então em uma nova estratégia de redução de erros (ERS) que seria a avaliação do aumento da frequência da realização sistemática de simulado

operacional sobre o procedimento em estudo. Com esta avaliação espera-se que os técnicos de operação fiquem mais capacitados permitindo, com isto, reduzir o nível de estresse quando da necessidade da resposta do técnico de operação ao alarme.

Tabela 5: Comparativo PSF’s e HEP’s antes e após redução erro

	1.1 Verificar se o operador de campo está no equipamento correto através da comunicação de 3 vias		1.2. Verificar no campo o nível do vaso de topo da estabilizadora		2.1. Verificar se o operador de campo está no equipamento correto através da comunicação de 3 vias	
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	Antes da etapa de redução	Após etapa de redução	Antes da etapa de redução	Após etapa de redução	Antes da etapa de redução	Após etapa de redução
<i>Tempo disponível</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Estresse de ameaça</i>	2	2	2	2	2	2
<i>Complexidade da tarefa</i>	1	1	0,1	0,1	1	1
<i>Experiência/treinamento</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Procedimentos</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Interface Humana-Máquina</i>	10	1	10	1	10	1
<i>Atitudes em relação à Segurança, Trabalho e Apoio da Gestão</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Trabalho em equipe</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Ambiente Físico de Trabalho</i>	1	1	10	10	1	1
<i>Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)</i>	0,20	0,02	0,20	0,02	0,20	0,02
	3.2. Abrir lentamente o by-pass da válvula de GLP para tanque		4.1. Verificar se o operador de campo está no equipamento correto através da comunicação de 3 vias		5.2. Abrir lentamente o by-pass da válvula de refluxo de topo	
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	Antes da etapa de redução	Após etapa de redução	Antes da etapa de redução	Após etapa de redução	Antes da etapa de redução	Após etapa de redução
<i>Tempo disponível</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Estresse de ameaça</i>	2	2	2	2	2	2
<i>Complexidade da tarefa</i>	2	1	1	1	2	1
<i>Experiência/treinamento</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Procedimentos</i>	5	1	1	1	5	1
<i>Interface Humana-Máquina</i>	1	1	10	1	1	1
<i>Atitudes em relação à Segurança, Trabalho e Apoio da Gestão</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Trabalho em equipe</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Ambiente Físico de Trabalho</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)</i>	0,20	0,02	0,20	0,02	0,20	0,02

Fonte: Autor (2024)

4. CONCLUSÕES

A Petro-HRA oferece uma estrutura para avaliar e mitigar os riscos associados à confiabilidade humana. Ao entender melhor os erros humanos e as condições que os favorecem, é possível implementar medidas preventivas e corretivas. Isso inclui a melhoria nas comunicações entre técnicos de operação que devem ser confirmadas através de repetição da informação recebida, a melhoria na iluminação, acesso e manutenção nos equipamentos críticos e o aprimoramento nos treinamentos operacionais críticos.

O estudo mostrou a importância quando se considera uma resposta humana a um alarme operacional de se avaliar o tempo de resposta do operador e o tempo de segurança de processo. A análise demonstrou que a resposta rápida e precisa pode ser prejudicada por layout da planta industrial, estresse e falta de treinamento específico. Portanto, é importante que sejam realizados investimentos em treinamento contínuo, simulações de cenários críticos e avaliações periódicas de competência.

Recomenda-se que após a implementação da sugestão de aumento da frequência dos simulados operacionais, se faça uma nova avaliação da quantificação do erro humano para verificar se as probabilidades do erro humano das tarefas críticas foram reduzidas para o nível de 0,01.

Como sugestão temos a indicação da realização de abrangência deste estudo para outros procedimentos operacionais críticos (aqueles considerados como IPL em estudos de riscos HAZOP-LOPA) principalmente comparando em cada procedimento o tempo de resposta do operador e o tempo de segurança de processo.

Em resumo, a aplicação da Petro-HRA na Unidade de Destilação Atmosférica fornece informação valiosa sobre a interação entre fatores humanos e sistemas de controle e intertravamentos. Ela destaca a necessidade de uma abordagem que considere tanto o sistema integrado de segurança quanto o elemento humano para garantir a segurança e eficiência operacional. Através de uma compreensão profunda dos fatores humanos, é possível não apenas prevenir acidentes, mas também otimizar o desempenho geral do sistema.

5. REFERÊNCIAS

- BEL, J; HOLROYD, J. **Review of human reliability assessment methods**. Health and Safety Laboratory, 2009.
- BLACKETT, C.; FARBROT, J. E.; ØIE S.; FERNANDER, M. **The Petro-HRA Guideline, Rev.1, Vol.1**. IFE/E-2022/001. Institute for Energy Technology, 17/01/2022.
- CARDOSO, C. G. L.; JÚNIOR, V. S.; OLIVEIRA, U. R. **Operational Risk Management in the Process of Assured Quality in Manufacturing Wire Annealed**. Setembro de 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Camadas-disponiveis-de-defesa-contra-um-certo-cenario-perigoso_fig1_335564688.
- CCPS. 2007. **Guidelines for Safe and Reliable Instrumented Protective Systems**. New York: AIChE.
- CONTEC-PETROBRAS. **Técnicas aplicáveis à análise de riscos industriais**. N-2782, Revisão B. 03/2013.
- CULLEN, W. D. **The Public Inquiry into the Piper Alpha Disaster, Her Majesty's Stationery Office, Londres**, 1990.
- DOWNTP. **Unidade de Destilação a 3 estágios**. Disponível em <https://downtp.blogspot.com/2013/02/unidade-de-destilacao-3-estagios.html>. Acessado em 23 de Outubro de 2023.
- HANSEN, F. D. **Human Error: A Concept Analysis**. *Journal of Air Transportation*. v. 11, n. 3, p. 61-77. 2006.
- IOGP Report 621 PRT - **Desmistificando Fatores Humanos: Construindo confiança na investigação de Fatores**. Disponível em: <https://www.iogp.org/bookstore/product/iogp-report-621prt-desmistificando-fatores-humanos-construindo-confianca-na-investigacao-de-fatores-humanos-demystifying-human-factors-building-confidence-in-human-factors-investigation-portugues/> - Acessado 01 de novembro de 2023
- MEISTER, D. , **Human Factors in Reliability**, New York, Mc Graw Hill.1990
- PETROBRAS. **Arquivo Técnico – Destilação Atmosférica**. 1997. Revisão Q.
- PETROBRAS. **Norma Técnica da Petrobras N-2782. REV. D. Técnicas aplicáveis à análise de riscos industriais**, 2015.
- SWAIN, A. D. & GUTTMAN, H. E., U. S. NUCLEAR REGULATORY. NUREG/CR-1278, **Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications Final Report**. U.S. Nuclear Regulatory Commission: Washington, DC, August 1983.

APÊNDICE A: Quantificação da probabilidade de erro humano das tarefas/subtarefas

Tabela resumo dos fatores influenciadores de Petro-HRA			
Instalação	Unidade de Destilação Atmosférica de uma Refinaria de Petróleo		
Data	Janeiro de 2024		
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	1.1 Verificar se o operador de campo está no equipamento correto através da comunicação de 3 vias (I2)		
Cenário do evento de falha humana	Alarme de nível baixo no vaso de topo da estabilizadora (GLP/nafta de destilação) devido a falha na malha de controle de temperatura de topo abrindo a válvula de refluxo de topo		
Analistas	Allana Magalhães, Eduardo A. P. Bretas, Helena M. F. Braga, Leandro G. de Mattos, Leonardo Xavier e Waldir R. V. Júnior		
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,20		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicador	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time Tempo	Extremely high negative	HEP=1	Tarefa que consome tempo mas não significativo
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Threat stress Estresse de ameaça	High negative	25	Uma vez que ele está respondendo a um alarme de nível baixo
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity Complexidade da tarefa	Very high negative	50	Tarefa simples e rotineira
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Experience/training Experiência/treinamento	Extremely high negative	HEP=1	Tarefa simples e rotineira
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
Procedures Procedimentos	Very high negative	50	Tarefa simples e rotineira
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Human-machine interface (HMI) Interface Humana-Máquina	Extremely high negative	HEP=1	Pode haver problemas de sinal de rádio ou mesmo ausência de confirmação via rádio. Medidas de redução: Definir que todas as comunicações entre técnicos de operação devem ser confirmadas através de repetição da informação recebida (comunicação 3 vias).
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Attitudes to Safety, Work and Management Support Atitudes em relação à Segurança, Trabalho e Apoio da Gestão	Very high negative	50	Os operadores têm atitude adequadas em relação à segurança.
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Teamwork Trabalho em equipe	Very high negative	50	Trabalho em equipe é adequado
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Physical working environment Ambiente Físico de Trabalho	Extremely high negative	HEP=1	O ambiente de trabalho não afeta o desempenho
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	

Tabela de resumo dos PSFs de Petro-HRA			
Instalação	Unidade de Destilação Atmosférica de uma Refinaria de Petróleo		
Data	Janeiro de 2024		
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	1.2. Verificar no campo o nível do vaso de topo da estabilizadora		
Cenário do evento de falha humana	Alarme de nível baixo no vaso de topo da estabilizadora (GLP/nafta de destilação) devido a falha na malha de controle de temperatura de topo abrindo a válvula de refluxo de topo		
Analistas	Allana Magalhães, Eduardo A. P. Bretas, Helena M. F Braga, Leandro G. de Mattos, Leonardo Xavier e Waldir R. V. Júnior		
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,20		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicador	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	Tarefa que consome tempo mas não significativo
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Threat stress	High negative	25	Uma vez que ele está respondendo a um alarme de nível baixo
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
	Very high negative	50	
Task complexity	Moderate negative	10	Tarefa simples e rotineira
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
	Extremely high negative	HEP=1	
Experience/training	Very high negative	50	O operador tem experiência adequada para a atividade
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Procedures	Very high negative	50	Tarefa simples e rotineira
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Human-machine interface (HMI)	Extremely high negative	HEP=1	Visualização pode não estar clara
	Very high negative	50	Medida de redução:
	Moderate negative	10	Verificar o acesso, a iluminação bem como programa de manutenção preventiva nos indicadores de níveis nas áreas operacionais dos equipamentos considerado críticos
	Nominal	1	Realizar conscientização periódica da força de trabalho, sobre as possíveis consequências da não realização adequada dos procedimentos críticos
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Attitudes to Safety, Work and Management Support	Very high negative	50	Os operadores têm atitude adequadas em relação à segurança.
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Teamwork	Very high negative	50	Este fator de desempenho não afeta esta tarefa
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Physical working environment	Extremely high negative	HEP=1	Indicação de nível na área é difícil acesso
	Moderate negative	10	Medida de redução:
	Nominal	1	Verificar o acesso, a iluminação bem como programa de manutenção preventiva nos indicadores de níveis nas áreas operacionais dos equipamentos considerado críticos
	Not applicable	1	

Tabela resumo dos fatores influenciadores de Petro-HRA			
Instalação	Unidade de Destilação Atmosférica de uma Refinaria de Petróleo		
Data	Janeiro de 2024		
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	2.1. Verificar se o operador de campo está no equipamento correto através da comunicação de 3 vias (I2)		
Cenário do evento de falha humana	Alarme de nível baixo no vaso de topo da estabilizadora (GLP/nafta de destilação) devido a falha na malha de controle de temperatura de topo abrindo a válvula de refluxo de topo		
Analistas	Allana Magalhães, Eduardo A. P. Bretas, Helena M. F Braga, Leandro G. de Mattos, Leonardo Xavier e Waldir R. V. Júnior		
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,20		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicador	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	Tarefa que consome tempo mas não significativo
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Threat stress	High negative	25	Uma vez que ele está respondendo a um alarme de nível baixo
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
	Not applicable	1	
Task complexity	Very high negative	50	Tarefa simples e rotineira
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Experience/training	Extremely high negative	HEP=1	Tarefa simples e rotineira
	Very high negative	50	
	Not applicable	1	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
Procedures	Moderate positive	0,1	Tarefa simples e rotineira
	Not applicable	1	
	Very high negative	50	
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
Human-machine interface (HMI)	Low positive	0,5	Pode haver problemas de sinal de rádio ou mesmo ausência de confirmação via rádio. Medidas de redução: Definir que todas as comunicações entre técnicos de operação devem ser confirmadas através de repetição da informação recebida (comunicação 3 vias).
	Not applicable	1	
	Extremely high negative	HEP=1	
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
Attitudes to Safety, Work and Management Support	Low positive	0,5	Os operadores têm atitude adequadas em relação à segurança.
	Not applicable	1	
	Moderate negative	10	
	Very high negative	50	
Teamwork	Not applicable	1	Trabalho em equipe é adequado
	Low positive	0,5	
	Nominal	1	
	Very low negative	2	
	Moderate negative	10	
	Very high negative	50	
Physical working environment	Not applicable	1	O ambiente de trabalho não afeta o desempenho
	Nominal	1	
	Moderate negative	10	
	Extremely high negative	HEP=1	

Tabela resumo dos fatores influenciadores de Petro-HRA			
Instalação	Unidade de Destilação Atmosférica de uma Refinaria de Petróleo		
Data	Janeiro de 2024		
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	3.2. Abrir lentamente o by-pass da válvula de GLP para tanque		
Cenário do evento de falha humana	Alarme de nível baixo no vaso de topo da estabilizadora (GLP/nafta de destilação) devido a falha na malha de controle de temperatura de topo abrindo a válvula de refluxo de topo		
Analistas	Allana Magalhães, Eduardo A. P. Bretas, Helena M. F Braga, Leandro G. de Mattos, Leonardo Xavier e Waldir R. V. Júnior		
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,20		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicador	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	Tarefa que consome tempo mas não significativo
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Threat stress	High negative	25	Uma vez que ele está respondendo a um alarme de nível baixo
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity	Very high negative	50	Diversidade de tipos de válvula e condições operacionais na área
	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 tem experiência adequada para a atividade
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
Procedures	Moderate positive	0,1	Procedimento de execução não detalhada Medida de redução: Realizar conscientização periódica da força de trabalho, sobre as possíveis consequências da não realização adequada dos procedimentos críticos Fornecer treinamento regular para os Técnicos de Operação sobre os diferentes tipos de válvulas de controle disponível nas áreas operacionais Adequar os procedimentos operacionais detalhando melhor a atividade de passar a operação das válvulas de controle para o contorno
	Not applicable	1	
	Very high negative	50	
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
Human-machine interface (HMI)	Low positive	0,5	Nominal uma vez que é feito com acompanhamento da variável de processo.
	Not applicable	1	
	Extremely high negative	HEP=1	
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
Attitudes to Safety, Work and Management Support	Low positive	0,5	Os operadores têm atitude adequadas em relação à segurança.
	Not applicable	1	
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
Teamwork	Low positive	0,5	Trabalho em equipe é adequado
	Not applicable	1	
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
Physical working environment	Low positive	0,5	O ambiente de trabalho não afeta o desempenho
	Not applicable	1	
	Extremely high negative	HEP=1	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	

Tabela resumo dos fatores influenciadores de Petro-HRA			
Instalação	Unidade de Destilação Atmosférica de uma Refinaria de Petróleo		
Data	Janeiro de 2024		
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	4.1. Verificar se o operador de campo está no equipamento correto através da comunicação de 3 vias (12)		
Cenário do evento de falha humana	Alarme de nível baixo no vaso de topo da estabilizadora (GLP/nafta de destilação) devido a falha na malha de controle de temperatura de topo abrindo a válvula de refluxo de topo		
Analistas	Allana Magalhães, Eduardo A. P. Bretas, Helena M. F Braga, Leandro G. de Mattos, Leonardo Xavier e Waldir R. V. Júnior		
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,20		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicador	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	Tarefa que consome tempo mas não significativo
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Threat stress	High negative	25	Uma vez que ele está respondendo a um alarme de nível baixo
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity	Very high negative	50	Tarefa simples e rotineira
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Experience/training	Extremely high negative	HEP=1	Tarefa simples e rotineira
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
Procedures	Nominal	1	Tarefa simples e rotineira
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
	Very high negative	50	
	High negative	20	
	Low negative	5	
Human-machine interface (HMI)	Nominal	1	Pode haver problemas de sinal de rádio ou mesmo ausência de confirmação via rádio. Medidas de redução: Definir que todas as comunicações entre técnicos de operação devem ser confirmadas através de repetição da informação recebida (comunicação 3 vias).
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
	Moderate negative	10	
	Very high negative	50	
	Extremely high negative	HEP=1	
Attitudes to Safety, Work and Management Support	Very high negative	50	Os operadores têm atitude adequadas em relação à segurança.
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Teamwork	Not applicable	1	Trabalho em equipe é adequado
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Physical working environment	Not applicable	1	O ambiente de trabalho não afeta o desempenho
	Extremely high negative	HEP=1	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	

Tabela resumo dos fatores influenciadores de Petro-HRA			
Instalação	Unidade de Destilação Atmosférica de uma Refinaria de Petróleo		
Data	Janeiro de 2024		
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	5.2. Abrir lentamente o by-pass da válvula de refluxo de topo		
Cenário do evento de falha humana	Alarme de nível baixo no vaso de topo da estabilizadora (GLP/nafta de destilação) devido a falha na malha de controle de temperatura de topo abrindo a válvula de refluxo de topo		
Analistas	Allana Magalhães, Eduardo A. P. Bretas, Helena M. F Braga, Leandro G. de Mattos, Leonardo Xavier e Waldir R. V. Júnior		
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,20		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicador	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	Tarefa que consome tempo mas não significativo
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Threat stress	High negative	25	Uma vez que ele está respondendo a um alarme de nível baixo
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity	Very high negative	50	Diversidade de tipos de válvula e condições operacionais na área
	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 tem experiência adequada para a atividade
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
Procedures	Not applicable	1	Procedimento de execução não detalhada Medida de redução: Realizar conscientização periódica da força de trabalho, sobre as possíveis consequências da não realização adequada dos procedimentos críticos Fornecer treinamento regular para os Técnicos de Operação sobre os diferentes tipos de válvulas de controle disponível nas áreas operacionais Adequar os procedimentos operacionais detalhando melhor a atividade de passar a operação das válvulas de controle para o contorno
	Very high negative	50	
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Human-machine interface (HMI)	Not applicable	1	Nominal uma vez que é feito com acompanhamento da variável de processo.
	Extremely high negative	HEP=1	
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Attitudes to Safety, Work and Management Support	Not applicable	1	Os operadores têm atitude adequadas em relação à segurança.
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Teamwork	Not applicable	1	Trabalho em equipe é adequado
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Physical working environment	Not applicable	1	O ambiente de trabalho não afeta o desempenho
	Extremely high negative	HEP=1	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	

APÊNDICE B: Quantificação da probabilidade de erro humano das tarefas/subtarefas após a etapa de redução

Tabela resumo dos fatores influenciadores de Petro-HRA			
Instalação	Unidade de Destilação Atmosférica de uma Refinaria de Petróleo		
Data	Janeiro de 2024		
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	1.1 Verificar se o operador de campo está no equipamento correto através da comunicação de 3 vias (I2)		
Cenário do evento de falha humana	Alarme de nível baixo no vaso de topo da estabilizadora (GLP/nafta de destilação) devido a falha na malha de controle de temperatura de topo abrindo a válvula de refluxo de topo		
Analistas	Allana Magalhães, Eduardo A. P. Bretas, Helena M. F Braga, Leandro G. de Mattos, Leonardo Xavier e Waldir R. V. Júnior		
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,02		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicador	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time Tempo	Extremely high negative	HEP=1	Tarefa que consome tempo mas não significativo
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Threat stress Estresse de ameaça	High negative	25	Uma vez que ele está respondendo a um alarme de nível baixo
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity Complexidade da tarefa	Very high negative	50	Tarefa simples e rotineira
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Experience/training Experiência/treinamento	Extremely high negative	HEP=1	Tarefa simples e rotineira
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
Procedures Procedimentos	Very high negative	50	Tarefa simples e rotineira
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Human-machine interface (HMI) Interface Humana-Máquina	Extremely high negative	HEP=1	Pode haver problemas de sinal de rádio ou mesmo ausência de confirmação via rádio. Medidas de redução: Definir que todas as comunicações entre técnicos de operação devem ser confirmadas através de repetição da informação recebida (comunicação 3 vias).
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Attitudes to Safety, Work and Management Support Atitudes em relação à Segurança, Trabalho e Apoio da Gestão	Very high negative	50	Os operadores têm atitude adequadas em relação à segurança.
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Teamwork Trabalho em equipe	Very high negative	50	Trabalho em equipe é adequado
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Physical working environment Ambiente Físico de Trabalho	Extremely high negative	HEP=1	O ambiente de trabalho não afeta o desempenho
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	

Tabela de resumo dos PSFs de Petro-HRA			
Instalação	Unidade de Destilação Atmosférica de uma Refinaria de Petróleo		
Data	Janeiro de 2024		
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	1.2. Verificar no campo o nível do vaso de topo da estabilizadora		
Cenário do evento de falha humana	Alarme de nível baixo no vaso de topo da estabilizadora (GLP/nafta de destilação) devido a falha na malha de controle de temperatura de topo abrindo a válvula de refluxo de topo		
Analistas	Allana Magalhães, Eduardo A. P. Bretas, Helena M. F Braga, Leandro G. de Mattos, Leonardo Xavier e Waldir R. V. Júnior		
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,002		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicador	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	Tarefa que consome tempo mas não significativo
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Threat stress	High negative	25	Uma vez que ele está respondendo a um alarme de nível baixo
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity	Very high negative	50	Tarefa simples e rotineira
	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 tem experiência adequada para a atividade
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
Procedures	Not applicable	1	Tarefa simples e rotineira
	Very high negative	50	
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Human-machine interface (HMI)	Not applicable	1	Visualização pode não estar clara Medida de redução: Verificar o acesso, a iluminação bem como programa de manutenção preventiva nos indicadores de níveis nas áreas operacionais dos equipamentos considerado críticos Realizar conscientização periódica da força de trabalho, sobre as possíveis consequências da não realização adequada dos procedimentos críticos
	Extremely high negative	HEP=1	
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Attitudes to Safety, Work and Management Support	Not applicable	1	Os operadores têm atitude adequadas em relação à segurança.
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Teamwork	Very high negative	50	Este fator de desempenho não afeta esta tarefa
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Physical working environment	Extremely high negative	HEP=1	Medida de redução: Verificar o acesso, a iluminação bem como programa de manutenção preventiva nos indicadores de níveis nas áreas operacionais dos equipamentos considerado críticos
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	

Tabela resumo dos fatores influenciadores de Petro-HRA			
Instalação	Unidade de Destilação Atmosférica de uma Refinaria de Petróleo		
Data	Janeiro de 2024		
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	2.1. Verificar se o operador de campo está no equipamento correto através da comunicação de 3 vias (I2)		
Cenário do evento de falha humana	Alarme de nível baixo no vaso de topo da estabilizadora (GLP/nafta de destilação) devido a falha na malha de controle de temperatura de topo abrindo a válvula de refluxo de topo		
Analistas	Allana Magalhães, Eduardo A. P. Bretas, Helena M. F Braga, Leandro G. de Mattos, Leonardo Xavier e Waldir R. V. Júnior		
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,02		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicador	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	Tarefa que consome tempo mas não significativo
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Threat stress	High negative	25	Uma vez que ele está respondendo a um alarme de nível baixo
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity	Very high negative	50	Tarefa simples e rotineira
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
Experience/training	Extremely high negative	HEP=1	Tarefa simples e rotineira
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
Procedures	Not applicable	1	Tarefa simples e rotineira
	Very high negative	50	
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
Human-machine interface (HMI)	Low positive	0,5	Pode haver problemas de sinal de rádio ou mesmo ausência de confirmação via rádio. Medidas de redução: Definir que todas as comunicações entre técnicos de operação devem ser confirmadas através de repetição da informação recebida (comunicação 3 vias).
	Not applicable	1	
	Extremely high negative	HEP=1	
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
Attitudes to Safety, Work and Management Support	Nominal	1	Os operadores têm atitude adequadas em relação à segurança.
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
	Moderate negative	10	
	Very high negative	50	
Teamwork	Not applicable	1	Trabalho em equipe é adequado
	Low positive	0,5	
	Nominal	1	
	Very low negative	2	
	Moderate negative	10	
Physical working environment	Very high negative	50	O ambiente de trabalho não afeta o desempenho
	Not applicable	1	
	Nominal	1	
	Moderate negative	10	
	Extremely high negative	HEP=1	
	Not applicable	1	
	Nominal	1	
	Moderate negative	10	

Tabela resumo dos fatores influenciadores de Petro-HRA			
Instalação	Unidade de Destilação Atmosférica de uma Refinaria de Petróleo		
Data	Janeiro de 2024		
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	3.2. Abrir lentamente o by-pass da válvula de GLP para tanque		
Cenário do evento de falha humana	Alarme de nível baixo no vaso de topo da estabilizadora (GLP/nafta de destilação) devido a falha na malha de controle de temperatura de topo abrindo a válvula de refluxo de topo		
Analistas	Allana Magalhães, Eduardo A. P. Bretas, Helena M. F Braga, Leandro G. de Mattos, Leonardo Xavier e Waldir R. V. Júnior		
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,02		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicador	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	Tarefa que consome tempo mas não significativo
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Threat stress	High negative	25	Uma vez que ele está respondendo a um alarme de nível baixo
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity	Very high negative	50	Diversidade de tipos de válvula e condições operacionais na área Medida de redução: Fornecer treinamento regular para os Técnicos de Operação sobre os diferentes tipos de válvulas de controle disponível nas áreas operacionais
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
Experience/training	Extremely high negative	HEP=1	O operador tem experiência adequada para a atividade
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
Procedures	Extremely high negative	HEP=1	Procedimento de execução não detalhada Medida de redução: Realizar conscientização periódica da força de trabalho, sobre as possíveis consequências da não realização adequada dos procedimentos críticos Fornecer treinamento regular para os Técnicos de Operação sobre os diferentes tipos de válvulas de controle disponível nas áreas operacionais Adequar os procedimentos operacionais detalhando melhor a atividade de passar a operação das válvulas de controle para o contorno
	Very high negative	50	
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Human-machine interface (HMI)	Extremely high negative	HEP=1	Nominal uma vez que é feito com acompanhamento da variável de processo.
	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	Os operadores têm atitude adequadas em relação à segurança.
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Teamwork	Very high negative	50	Trabalho em equipe é adequado
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Physical working environment	Extremely high negative	HEP=1	O ambiente de trabalho não afeta o desempenho
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	

Tabela resumo dos fatores influenciadores de Petro-HRA			
Instalação	Unidade de Destilação Atmosférica de uma Refinaria de Petróleo		
Data	Janeiro de 2024		
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	4.1. Verificar se o operador de campo está no equipamento correto através da comunicação de 3 vias (I2)		
Cenário do evento de falha humana	Alarme de nível baixo no vaso de topo da estabilizadora (GLP/nafta de destilação) devido a falha na malha de controle de temperatura de topo abrindo a válvula de refluxo de topo		
Analistas	Allana Magalhães, Eduardo A. P. Bretas, Helena M. F Braga, Leandro G. de Mattos, Leonardo Xavier e Waldir R. V. Júnior		
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,02		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicador	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	Tarefa que consome tempo mas não significativo
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Threat stress	High negative	25	Uma vez que ele está respondendo a um alarme de nível baixo
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity	Very high negative	50	Tarefa simples e rotineira
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
Experience/training	Extremely high negative	HEP=1	Tarefa simples e rotineira
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
Procedures	Not applicable	1	Tarefa simples e rotineira
	Very high negative	50	
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
Human-machine interface (HMI)	Low positive	0,5	Pode haver problemas de sinal de rádio ou mesmo ausência de confirmação via rádio. Medidas de redução: Definir que todas as comunicações entre técnicos de operação devem ser confirmadas através de repetição da informação recebida (comunicação 3 vias).
	Not applicable	1	
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Attitudes to Safety, Work and Management Support	Not applicable	1	Os operadores têm atitude adequadas em relação à segurança.
	Low positive	0,5	
	Nominal	1	
	Moderate negative	10	
	Very high negative	50	
Teamwork	Not applicable	1	Trabalho em equipe é adequado
	Low positive	0,5	
	Nominal	1	
	Very low negative	2	
	Moderate negative	10	
	Very high negative	50	
Physical working environment	Not applicable	1	O ambiente de trabalho não afeta o desempenho
	Nominal	1	
	Moderate negative	10	
	Extremely high negative	HEP=1	

Tabela resumo dos fatores influenciadores de Petro-HRA			
Instalação	Unidade de Destilação Atmosférica de uma Refinaria de Petróleo		
Data	Janeiro de 2024		
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	5.2. Abrir lentamente o by-pass da válvula de refluxo de topo		
Cenário do evento de falha humana	Alarme de nível baixo no vaso de topo da estabilizadora (GLP/nafta de destilação) devido a falha na malha de controle de temperatura de topo abrindo a válvula de refluxo de topo		
Analistas	Allana Magalhães, Eduardo A. P. Bretas, Helena M. F Braga, Leandro G. de Mattos, Leonardo Xavier e Waldir R. V. Júnior		
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,02		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicador	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	Tarefa que consome tempo mas não significativo
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Threat stress	High negative	25	Uma vez que ele está respondendo a um alarme de nível baixo
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity	Very high negative	50	Diversidade de tipos de válvula e condições operacionais na área Medida de redução: Fornecer treinamento regular para os Técnicos de Operação sobre os diferentes tipos de válvulas de controle disponível nas áreas operacionais
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
Experience/training	Extremely high negative	HEP=1	O operador tem experiência adequada para a atividade
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
Procedures	Extremely high negative	HEP=1	Procedimento de execução não detalhada Medida de redução: Realizar conscientização periódica da força de trabalho, sobre as possíveis consequências da não realização adequada dos procedimentos críticos Fornecer treinamento regular para os Técnicos de Operação sobre os diferentes tipos de válvulas de controle disponível nas áreas operacionais Adequar os procedimentos operacionais detalhando melhor a atividade de passar a operação das válvulas de controle para o contorno
	Very high negative	50	
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Human-machine interface (HMI)	Extremely high negative	HEP=1	Nominal uma vez que é feito com acompanhamento da variável de processo.
	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	Os operadores têm atitude adequadas em relação à segurança.
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Teamwork	Very high negative	50	Trabalho em equipe é adequado
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Physical working environment	Extremely high negative	HEP=1	O ambiente de trabalho não afeta o desempenho
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	