

Pós-Graduação

Segurança de Processos



ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO E ANÁLISE DE CONFIABILIDADE HUMANA PARA CENÁRIOS DE PERDA DE CONTENÇÃO ENVOLVENDO O MANUSEIO DE HIPOCLORITO DE SÓDIO EM UMA INDÚSTRIA QUÍMICA

**Alexandre E. Odilon, Ariane K. S. Silva, Elias de P. Pinto, Marcelo M. Ribeiro e
Rodrigo H. C. Moreira**

RESUMO

O presente trabalho busca obter uma visão mais completa e integrada dos riscos associados a três cenários críticos de uma indústria química através da aplicação da técnica Análise Preliminar de Risco (APR) em conjunto com uma ferramenta de Análise de Confiabilidade Humana (ACH). A APR é uma técnica qualitativa que visa identificar os perigos e avaliar os possíveis riscos envolvidos em uma atividade, processo ou sistema, considerando as causas que podem levar a um evento indesejado sendo possível classificá-los de acordo com a sua severidade e frequência, além de propor medidas de controle para prevenir ou mitigar o risco existente. Para a ACH foi utilizada a técnica Analysis of Pre-Accident Operator Actions (APOA) que complementa a APR por ser uma técnica qualitativa e que estuda a criticalidade de cada etapa das tarefas, reconhecendo que o desempenho humano é influenciado por diversos fatores, tais como disponibilidade de tempo, estresse, complexidade, experiência, treinamento, procedimento e cultura de segurança da empresa. O estudo foi realizado com o acompanhamento e a observação dos processos industriais que contêm a manipulação de hipoclorito de sódio em seu meio, bem como entrevistas com colaboradores experientes, levantamento do histórico de acidentes, verificação de relatórios e procedimentos operacionais. Já a fundamentação teórica do tema foi realizada mediante uma revisão da literatura pertinente, que permitiu não só a revisão dos conceitos básicos bem como sua aplicação no gerenciamento de riscos. A análise conjunta permitiu uma identificação mais eficaz de medidas de controle, especialmente em relação a falhas operacionais.

Palavras-chave: *Análise Preliminar de Riscos (APR), Análise de Confiabilidade (ACH), Humana, Analysis of Pre-Accident Operator Actions (APOA) e Hipoclorito de Sódio.*

ABSTRACT

The present paper aims to obtain a more comprehensive and integrated view of the hazards associated with three critical scenarios in a chemical industry through the application of the Preliminary Hazard Analysis (PHA) technique combined with a Human Reliability Analysis (HRA) tool. PHA is a qualitative technique that aims to identify hazards and assess potential risks involved in an activity, process, or system, considering the causes that can lead to an undesirable event. It allows for the classification of risks according to their severity and frequency, along with proposing control measures to prevent or mitigate existing risks. For HRA, the Analysis of Pre-Accident Operator Actions (APOA) technique was used, complementing PHA as a qualitative technique that studies the criticality of each step of tasks. It recognizes that human performance is influenced by various factors such as time availability, stress, complexity, experience, training, procedure, and the company's safety culture. The study was conducted by monitoring and observing industrial processes involving the handling of sodium hypochlorite, as well as interviewing experienced employees, reviewing accident histories, and examining reports and operational procedures. The theoretical foundation of the topic was established through a review of relevant literature, allowing not only a review of basic concepts but also their application in risk management.

Keywords: *Preliminary Hazard Analysis (PHA), Human Reliability Analysis (HRA), APOA and Sodium Hypochlorite.*

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

A indústria desempenha um papel fundamental no desenvolvimento econômico e tecnológico de nações em todo o mundo. No entanto, essa atividade econômica não está isenta de riscos, especialmente quando se trata de processos industriais que envolvem substâncias químicas perigosas, pressões extremas, temperaturas elevadas e outras variáveis críticas. A segurança de processos tornou-se uma preocupação premente, uma vez que acidentes nesse ambiente podem ter consequências devastadoras para a vida humana, o meio ambiente e financeiro. Para gerir o risco, muitas companhias apoiam-se em ferramentas e metodologias normativas, tendo como propósito auxiliar na tomada de decisões.

Segundo a ABNT (2018, p.4) a estrutura de gestão de riscos é definida como o “conjunto de componentes que fornecem os fundamentos e os arranjos organizacionais para a concepção, implementação, monitoramento, análise crítica e melhoria contínua da gestão de riscos”. Dentre eles tem-se a Análise Preliminar de Riscos (APR) a qual trata-se de uma análise qualitativa, ou seja, subjetiva sem registro numérico associado, realizada geralmente em sistemas ou processos na fase de desenvolvimento ou como revisão de segurança em unidades em operação (BAYBUTT, 2013).

Segundo a Fundacentro (2002), a probabilidade de ocorrer um acidente é influenciada pela frequência do cenário acidental (que depende principalmente da frequência da causa que inicia o cenário) e pela severidade desse cenário, ou seja, o grau de dano das consequências do acidente. Quanto mais frequente ou severo for o cenário, maior será o risco, sendo a APR focada principalmente em cenários onde possam ocorrer liberação de produtos tóxicos, corrosivos, asfixiantes e/ou inflamáveis que podem resultar em danos às pessoas, à propriedade ou ao meio ambiente (FUNDACENTRO, 2002). Sendo as pessoas parte integrante e essencial dos processos, atividades e sistemas, muito se questiona a relação do papel humano na probabilidade dos acidentes industriais, no qual Baybutt (2013) menciona que quase 80% deles estão relacionados a erros humanos. Entretanto, para a maioria desses acidentes, o erro humano não é a única causa, mas uma das causas que se somam a outras falhas, como as técnicas e as organizacionais. De acordo com a IOGP (2020) um estudo mais aprofundado sobre os 80% de acidentes provocados

por falhas relacionadas a fatores humanos mostra que 70% dessas falhas são originadas de debilidades organizacionais e apenas 30% são causadas por equívocos individuais do operador que trabalha na linha de frente. A IOGP (2020) afirma também que a maioria dos incidentes analisados pela associação teve algum problema com procedimentos, como a falta, a inadequação ou o seu descumprimento. “A má gestão dos procedimentos foi responsável por vários desastres com graves danos às pessoas, como mortes e ferimentos, entre eles o acidente de Piper Alpha¹.” (HSE, 1999).

Segundo Kariuki (2007), as indústrias de alto risco contam com procedimentos para mitigar riscos nas plantas, mas isso não basta para garantir a segurança. O autor afirma ainda que os procedimentos refletem o saber prático e teórico da operação de um processo, que é validado em um certo instante, mas que geralmente há um descompasso entre o que o procedimento descreve e o que operador realiza, sendo esse descompasso fruto de decisão humana. Essa decisão pode ser entendida como uma característica, capacidade, limitação ou influência que afeta o desempenho humano em uma situação de trabalho, esse conceito é chamado de fatores humanos (CCPS, 2014).

O CCPS (2014) estabelece que fatores humanos são elementos fundamentais na gestão de risco de processo, que devem ser reconhecidos, avaliados e acompanhados para detectar e prevenir possíveis erros humanos que podem contribuir em eventos de segurança de processo. O Energy Institute (2020) defende que os fatores humanos devem ser tratados como as outras partes das análises de confiabilidade de barreiras na gestão de risco, isto é, quantificados. Portanto, uma forma de prevenir acidentes causados por erros humanos é incorporar os fatores humanos nas análises de risco de processo. Ao identificar e compreender os fatores humanos, é possível controlar e reduzir o risco de falhas humanas que podem comprometer a segurança. Para isso, é preciso estimar a confiabilidade humana, ou seja, a chance de um indivíduo realizar uma tarefa com sucesso, e considerá-la na avaliação do risco do cenário. Assim, pode-se tomar medidas para adequar o risco aos níveis aceitáveis pela organização. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo analisar e considerar tanto os aspectos técnicos quanto os humanos dos processos que envolvam a manipulação da matéria-prima hipoclorito de sódio (NaClO) em uma indústria química, que trarão resultados mais robustos na prevenção de acidentes.

¹ Tradução livre dos autores

1.2 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é realizar uma análise integrada, considerando tanto os aspectos técnicos quanto os humanos, dos riscos associados à manipulação da matéria-prima do hipoclorito de sódio em uma indústria química relacionados a três cenários de riscos analisados pela técnica APR em conjunto com uma ferramenta de Análise de Confiabilidade Humana (ACH), o *Analysis of Pre-Accident Operator Actions* (APOA), para o cenário considerado mais crítico.

1.3 Objetivo Específico

1. Realizar uma APR nos processos que envolvem o NaClO, identificando potenciais riscos e cenários de acidentes.
2. Avaliar a confiabilidade humana, através do método *Analysis of Pre-Accident Operator Actions* (APOA), analisando a consequência dos fatores influenciadores do desempenho na tarefa com atuação humana, no cenário identificado na APR.
3. Propor e comparar as medidas de prevenção e mitigação de acidentes com base na análise técnica e na consideração dos fatores humanos, visando melhorar a segurança nas operações da indústria química.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para o CCPS (2014), a identificação de perigo e análise de risco (*HIRA – Hazard Identification and Risk Assessment*) pressupõe que os riscos aos funcionários, ao público, ou ao ambiente estejam sistematicamente controlados dentro da tolerância da organização. Além disso, para o gerenciamento, os perigos identificados devem ter seus riscos classificados (CCPS, 2014).

Neste trabalho, serão adotadas as seguintes técnicas de análise de risco para apresentação do estudo de caso: análise preliminar de risco e análise de confiabilidade humana.

2.1 Análise Preliminar de Risco (APR)

A APR é uma técnica indutiva estruturada para identificar perigos decorrentes de falhas de equipamentos, componentes ou sistemas, como eventuais erros operacionais ou de manutenção (falhas humanas), bem como suas causas e consequências e classificar qualitativamente seus riscos (PETROBRAS, 2015). Uma APR também fornece uma classificação qualitativa de situações perigosas que pode ser usada para priorizar recomendações para eliminar perigos ou reduzir riscos em fases subsequentes do ciclo de vida do processo (CCPS, 2008).

Para a realização da APR, foi utilizada como modelo a planilha da Figura 1, composta pelos seguintes itens:

Figura 1 – Planilha modelo de Análise Preliminar de Risco (APR)

Análise Preliminar de Risco (APR)																			
Perigo	Causa	Consequência	Salvaguardas Existentes	Observações	Frequência	Pessoas		Meio Ambiente		Instalação		Recomendações	Frequência	Pessoas		Meio Ambiente		Instalação	
						Severidade	Risco	Severidade	Risco	Severidade	Risco			Severidade	Risco	Severidade	Risco		
					RISCO ATUAL								RISCO RESIDUAL						

Fonte: Adaptada da norma técnica N-2782 (PETROBRAS, 2015)

- **Perigo:** evento acidental com potencial para causar danos às pessoas, à propriedade ou ao meio ambiente (CETESB, 2011);
- **Causa:** referente a falhas intrínsecas de equipamentos, erro humano, uma condição de operação não prevista, manutenção, fatores externos, entre outros (CETESB, 2011);
- **Consequência:** resultado do evento perigoso (PETROBRAS, 2015);
- **Salvaguardas:** combinações de fatores existentes que tendem à prevenção de um evento acidental e/ou minimizar suas consequências (FEPAM, 2016);
- **Severidade:** magnitude da consequência, é um apontamento qualitativo da severidade esperada de ocorrência de cada cenário identificado (PETROBRAS, 2015). A Tabela 1 apresenta as categorias de severidade com uma graduação que varia de 1 a 5, sendo 1 impactos irrelevantes e 5 impactos extremos;
- **Risco atual:** cenário de risco que antecede a implantação das recomendações de redução de risco;
- **Risco residual:** cenário de risco reduzido após a implantação das recomendações de redução de risco.

Tabela 1 - Categorias de severidade

Severidade		Descrição
C1	Desprezível	Pessoas: incômodo ou sem impacto Meio Ambiente: pequena liberação de produtos químicos contidos na planta Econômico: baixo custo
C2	Marginal	Pessoas: lesões leves Meio Ambiente: grande liberação de produtos químicos contidos na planta Econômico: acima de \$2,5 mil ou interrupção <1 semana de um equipamento primário
C3	Média	Pessoas: lesões de gravidade moderada Meio Ambiente: pequena liberação de produtos químicos para fora da planta Econômico: acima de \$25 mil ou interrupção >1 semana de um equipamento primário
C4	Crítica	Pessoas: lesões graves ou morte Meio Ambiente: grande liberação de produtos químicos para fora da planta; Econômico: acima de \$250 mil ou interrupção >3 meses de um equipamento primário
C5	Catastrófica	Pessoas: múltiplas mortes; Meio Ambiente: Impacto externo por décadas ou irreversível Econômico: acima de \$2.5 milhões ou interrupção >1 ano de um equipamento primário

Fonte: Adaptada da norma técnica N-2782 (PETROBRAS, 2015)

- **Frequência:** Número de ocorrências por unidade de tempo, é um apontamento qualitativo da frequência esperada de ocorrência de cada cenário identificado (FEPAM, 2016). Pode ser representado conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Categorias de frequência

	Frequência	Descrição
F1	Extremamente remota	Extremamente improvável que ocorra durante a existência da planta
F2	Remota	Não deve ocorrer durante a existência da planta
F3	Pouco provável	Pouco provável que ocorra durante a existência da planta
F4	Provável	Esperado ocorrer até uma vez durante a existência da planta
F5	Frequente	Esperado ocorrer várias vezes durante a existência da planta

Fonte: Adaptada da norma técnica N-2782 (PETROBRAS, 2015)

- **Risco:** Estimativa do potencial para causar danos as pessoas, à propriedade e ao meio ambiente baseada em combinação de frequência esperada de ocorrência e severidade dos danos (FEPAM, 2016)

Os cenários identificados terão seus riscos categorizados com base na matriz de risco da Figura 2, sendo identificados como cenários críticos aqueles classificados como Não Toleráveis.

Figura 2 - Matriz de Categoria de Risco

Matriz de Risco					
F5	M	M	NT	NT	NT
F4	T	M	M	NT	NT
F3	T	T	M	M	NT
F2	T	T	T	M	M
F1	T	T	T	T	M
Níveis	C1	C2	C3	C4	C5

Categorias de Risco	
NT	Não Tolerável
M	Moderado
T	Tolerável

Fonte: Adaptada da norma técnica N-2782 (PETROBRAS, 2015)

- **Recomendações:** medidas que podem e/ou devem ser tomadas para atenuar a frequência ou a severidade, consequentemente obtendo um risco menor e uma operação mais segura (PETROBRAS, 2015).

2.1.1 Limitação da APR

A análise qualitativa de riscos, ao utilizar a técnica de APR, é considerada preliminar e não oferece resultados precisos na identificação dos perigos e prevenção dos riscos. A falta de experiência ou compreensão completa dos aspectos técnicos por parte dos participantes pode contribuir para essa limitação, resultando em uma percepção intuitiva dos riscos inerentes ao processo. Isso, por sua vez, impacta negativamente os resultados obtidos (ABNT, 2012).

A sua limitação reside na possível omissão das complexas interações entre diversos fatores de risco. A implantação eficaz de medidas de controle pode demandar uma análise mais aprofundada como o HAZOP, por exemplo (Barros, 2013).

Quando aos aspectos sociotécnicos, a APR geralmente se concentra nos aspectos técnicos e operacionais da atividade, muitas vezes negligenciando os fatores influenciadores de desempenho, e consequentemente não capturando adequadamente essas interações. Isso pode levar a uma falta de compreensão dos comportamentos, decisões, comunicação, cultura organizacional e ações dos trabalhadores envolvidos, resultando em uma compreensão limitada dos riscos associados ao comportamento humano.

2.2 Análise de Confiabilidade Humana (HRA)

A HRA se refere a um grupo de técnicas que visam avaliar a contribuição de uma pessoa para a confiabilidade e segurança do sistema, identificando e analisando o potencial de uma ação incorreta (IOGP, 2020). É aplicada em um nível tático para tarefas específicas em que o desempenho correto é crítico (IFE, 2022).

A HRA qualitativa pode ser usada, entre outros objetivos, para auxiliar na identificação e redução de fatores indutores de erros no ambiente ou em arranjos organizacionais, bem como para melhorar procedimentos para reduzir erros.

Por exemplo, o Petro-HRA é um método que foi criado originalmente para a avaliação qualitativa e quantitativa da confiabilidade humana na indústria do petróleo. Ele visa identificar, modelar e avaliar sistematicamente tarefas relacionadas ao risco de

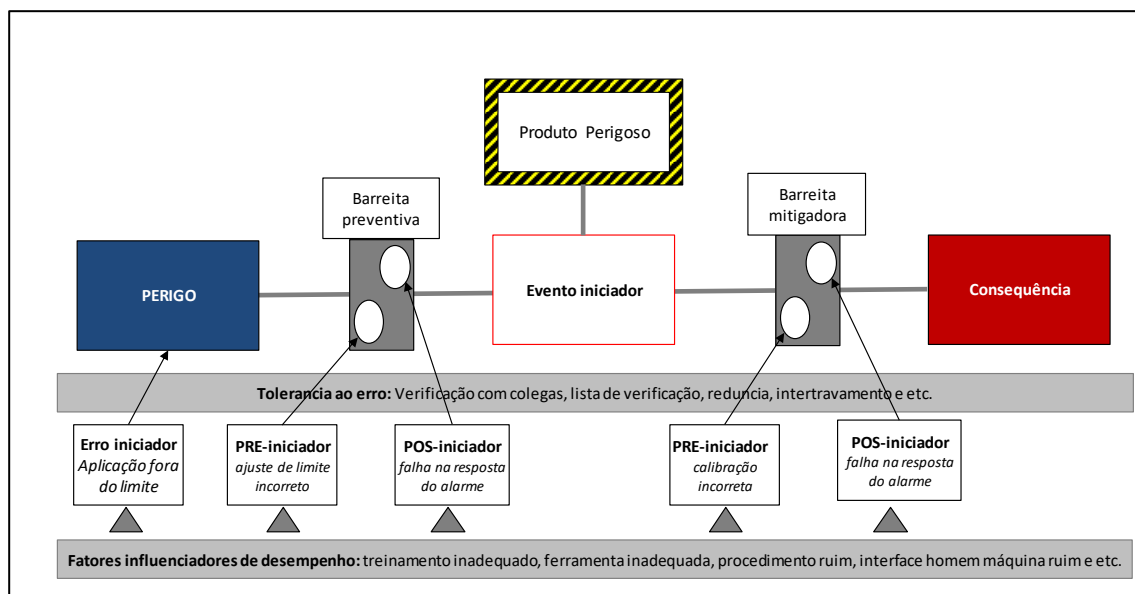
acidentes graves, principalmente dentro do contexto da análise quantitativa de risco. Esse método é utilizado para estimar a probabilidade de ocorrência de falha humana em eventos pós-iniciadores (IFE, 2022). Dessa forma, o método não tem a intenção de avaliar situações corriqueiras da operação que levaram a uma inicialização do acidente ou degradação da barreira de segurança.

De um modo geral, existem 3 interações humanas com sistemas críticos de segurança e como elas contribuem para o risco de acidente:

- introdução de falhas latentes – erros de pré-iniciador;
- contribuindo para o início de uma sequência de acidente – erro iniciador;
- permitir que um evento perigoso se transforme em um acidente – erro pós-iniciador.

Um diagrama *bowtie* foi utilizado para ilustrar a interação entre esses erros numa operação, conforme Figura 3.

Figura 3 - Diagrama *bowtie* e os tipos de erros



Fonte: Adaptado de Øie e Fernander, (2023)

Para analisar eventos do tipo iniciador ou pré-iniciador de acidente foi desenvolvido o método qualitativo *Analysis of Pre-Accident Operator Actions* (APOA). Esse método visa avaliar o desempenho das tarefas críticas e onde o desempenho humano tem função vital na prevenção do acidente (ØIE e FERNANDER, 2023).

2.2.1 APOA

O método APOA foi criada com o objetivo de avaliar a contribuição do operador para a prevenção e causalidade de acidente em operacionais normais, ainda que críticas. Para isso, esse método se ancora em 3 fundamentos: 1 - “trabalhos bem-sucedidos são um facilitador para capacidade do sistema em manter operação segura”; 2 - “erro humano não é causa de acidente em si, mas uma variabilidade induzida no comportamento humano por fatores contextuais”, e 3 - “tornar a interface homem-sistema mais tolerante a erros” (ØIE e FERNANDER, 2023).

Um conceito importante utilizado no APOA é o da tarefa. A tarefa representa uma parte de uma operação. A operação é um conceito de alto nível para descrever a atividade da planta, como, por exemplo, operação de lavagem, operação de perfuração ou operação de movimentação de carga. A operação para ocorrer depende de várias tarefas, que, por sua vez, possui passos das tarefas ou subtarefas. As subtarefas podem ainda ser divididas em ações cognitivas ou físicas. Nessa etapa é importante identificar as tarefas conhecidas como as tarefas críticas de segurança (*safety critical tasks* – SCT).

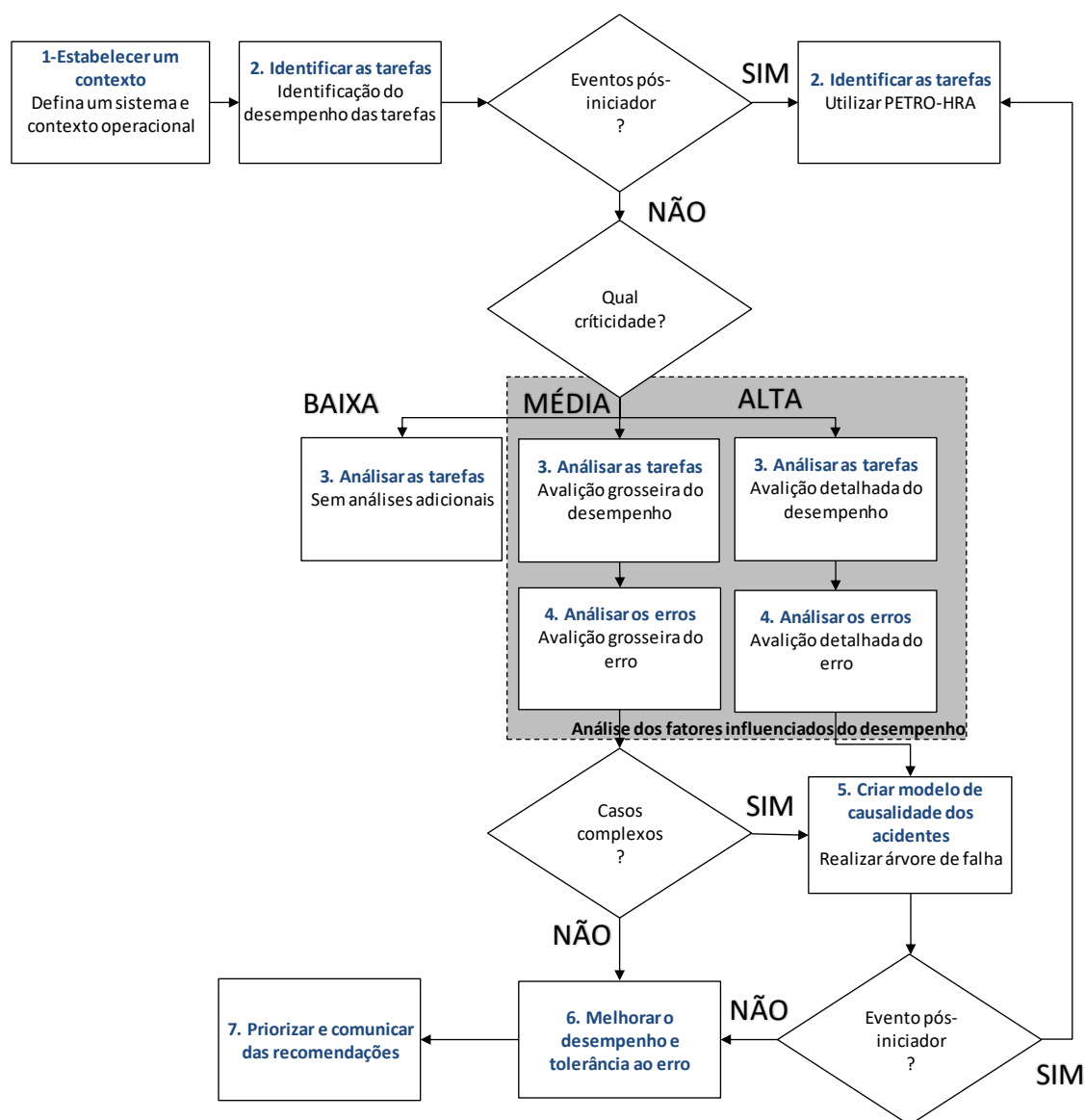
Ao identificar as tarefas potencialmente críticas para a segurança, a técnica APOA recomenda que sejam priorizadas as análises em função da criticidade. Mais especificamente, tarefas altamente críticas devem ser sujeitas a análises detalhadas de tarefas e erros, enquanto uma abordagem mais grosseira é suficiente para tarefas com criticidade média; já no caso das tarefas de baixa criticidade, nenhuma análise faz-se necessária (ØIE e FERNANDER, 2023).

As etapas para a aplicação do método são:

1. Estabelecer um contexto;
2. Identificar as tarefas;
3. Analisar as tarefas;
4. Analisar os erros;
5. Construir um modelo das causalidades dos acidentes (opcional);
6. Melhorar o desempenho e tolerância ao erro;
7. Priorizar e comunicar as recomendações.

O fluxograma da Figura 4 apresenta cada etapa na utilização da técnica APOA.

Figura 4 - Fluxograma do APOA



Fonte: Adaptado de Øie e Fernander (2023)

A criticidade é avaliada em função de 3 parâmetros: complexidade, familiaridade e consequência. Os 3 parâmetros são sempre avaliados entre alto, médio e baixo. A matriz de avaliação da criticidade foi adotada pelo Instituto de Energia em 2020 no trabalho sobre orientação em tarefas críticas de segurança (ØIE e FERNANDER, 2023). A Figura 5 apresenta a matriz de criticidade adotada pelo método APOA.

Em seguida, para avaliar as tarefas, o método sugere a utilização de duas técnicas: hierarquia das tarefas e análise tabular das tarefas. Nesse momento, utiliza-se a matriz de criticidade para avaliar quais tarefas são trabalhadas de forma grosseira ou detalhada. A próxima etapa é identificar os fatores influenciadores do desempenho (*Performance*

Shaping Factors – PSF). Estes são os fatores individuais, do local, da tarefa, da organização ou outros fatores contextuais que têm um efeito significativo no desempenho de um operador (ØIE e FERNANDER, 2023). O APOA fornece uma série de palavras-guias do PSF para a avaliação da influência no desempenho da tarefa em geral. A lista completa está disponível no Anexo A.

Figura 5 - Matriz de classificação da criticidade de tarefas

Complexidade		Baixo			Médio			Alto		
Familiaridade		Alto	Médio	Alto	Alto	Médio	Alto	Alto	Médio	Alto
Consequência	Alto	M	M	M	M	M	A	A	A	A
	Médio	T	T	T	T	M	M	M	A	A
	Baixo	T	T	T	T	T	M	M	M	M

Criticidade	
A	Alto
M	Médio
B	Baixo

Fonte: Adaptado de Øie e Fernander, (2023)

A próxima etapa é analisar os erros potenciais dados os PSF por tarefa. Novamente, o método APOA fornece uma lista de palavras-guias que pode ser usada como uma ferramenta para levar a equipe de análise a refletir sobre quais erros podem ocorrer. A lista completa pode ser conferida no Anexo B.

Quando um erro humano credível for identificado, o próximo passo é descrever a consequência provável. Depois de descrever as consequências mais prováveis, a gravidade de cada consequência é classificada como alta, média ou baixa. Isto é feito usando o índice de criticalidade, considerando dois aspectos: consequência e oportunidade de recuperação. A oportunidade de recuperação se refere à capacidade do erro humano ser detectado em tempo hábil para evitar a falha. A matriz de classificação da criticalidade pode ser observada na Figura 6.

De acordo com essa classificação as medidas de redução de risco podem ser obrigatórias ou não. Embora as medidas de melhoria do desempenho humano sejam eficazes na prevenção da ocorrência de erros humanos, a estratégia do APOA para a redução de riscos é utilizar a análise de tarefas e erros para construir sistematicamente tolerância ao erro no sistema. Isto significa que deve ser possível bloquear ou detectar e recuperar erros antes que estes tenham um efeito negativo sobre o sistema (ØIE e

FERNANDER, 2023). Na ausência de uma alternativa viável para essas duas estratégias, o APOA sugere reduzir as consequências do erro. A Figura 7 representa um exemplo do resultado da aplicação do método.

Figura 6 - Matriz de classificação da criticalidade do erro humano

Consequência	Alta	média	alta	alta
	Médio	baixa	média	alta
	Baixo	baixa	baixa	média
		Alto	Médio	Baixo
		Recuperação		

Fonte: Adaptado de Øie e Fernander, (2023)

Figura 7 - Exemplo de aplicação da análise detalhada de tarefa pelo método APOA

Etapa da Tarefa	Executado por	Feedback	PSF	Erro potencial	Consequência provável	Nível Consequência (A/M/B)	Oportunidade de Recuperação	Oportunidade de Recuperação (A/M/B)	Criticalidade (A/M/B)	Resultado no pior caso	Ações recomendadas
Etapa 1	Operador 1	Não há	Distrações e interrupções	Seleção omitida	potencialmente causar a perda completa	Alto	erro é detectado	Alto	Médio	Vazamento	R01
Etapa 2	Operador 1	Não há	Incompatibilidad e entre risco percebido e real	Infomação não comunicada	pode causar potencialmente a perda parcial	Médio	erro pode ser detectado	Médio	Médio	Vazamento	R01
Etapa 3	Operador 1	Não há	Equipe sobrecarregada por baixo contingente	Plano omitido	pode potencialmente causar pequenas perdas	Baixo	erro provavelmente não será detectado	Baixo	Médio	Vazamento	R01

Fonte: Adaparta de Øie e Fernander, (2023)

2.2.1.1 Limitação do método APOA

O método APOA foi desenvolvido especificamente para capturar e reduzir os riscos associados a erros pré-iniciadores e iniciadores no contexto de condições operacionais normais, ou seja, não são situações de resposta de emergência. Para a análise de tarefas críticas de segurança realizadas como parte de situações anormais, como

respostas de operadores a eventos perigosos, devem ser aplicados outros métodos, como o Petro-HRA.

2.2.2 Petro-HRA

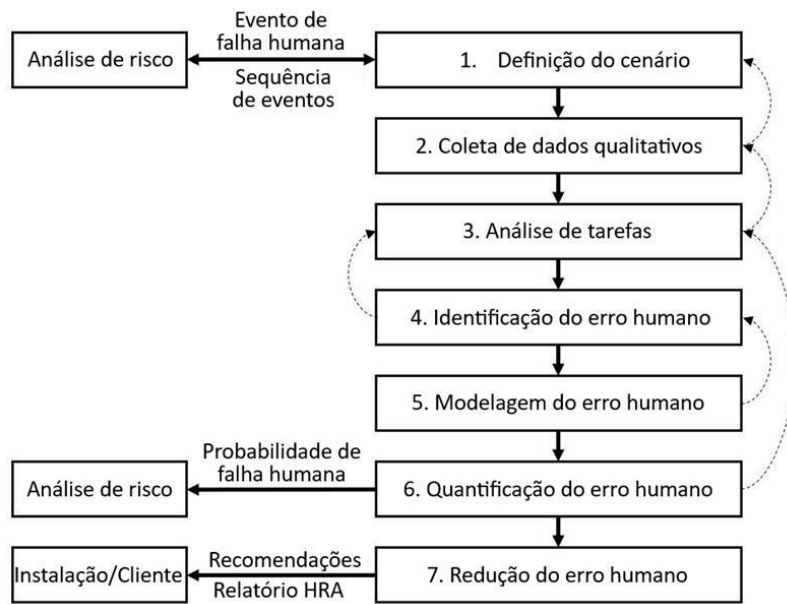
Esta técnica foi criada originalmente para a avaliação qualitativa e quantitativa da confiabilidade humana na indústria do petróleo. Seu propósito é identificar, modelar e sistematicamente avaliar tarefas relacionadas ao risco de acidentes graves, principalmente no âmbito da análise quantitativa de risco. É usada para estimar a probabilidade de ocorrência de falha humana em eventos pós-iniciador. Estes eventos ocorrem normalmente no lado direito do diagrama *bow tie* que é frequentemente utilizado na avaliação de riscos petrolíferos (IFE, 2022).

O Petro-HRA foi desenvolvido a partir de um projeto de pesquisa financiado pela *Norges Forskningsråd* e publicado em 2017. Teve como objetivo principal adaptar o método SPAR-H da indústria nuclear, para atender às necessidades específicas da indústria do petróleo. Desde então, o Petro-HRA tem sido aplicado em diversos projetos na indústria petrolífera da Noruega. Em 2020, a Equinor financiou um projeto em colaboração com a DNV e a IFE para aprimorar o método, resultando na publicação da versão revisada em 17.01.2022 (IFE, 2022).

O Petro-HRA é utilizado para analisar tarefas executadas na sala de controle, como operações de controle de processos. Além disso, pode ser aplicado a tarefas fora da sala de controle, desde que os fatores influenciadores de desempenho (PFS) sejam considerados os mais relevantes. Oferece uma análise abrangente das ações humanas em situações de risco, examinando não apenas a probabilidade de falhas humanas, mas também os efeitos de escolhas iniciais de projeto, como decisões dependentes de requisitos de tempo para os operadores envolvidos. O Petro-HRA, ao adotar uma abordagem rigorosa, possibilita a identificação de fatores e sistemas aprimoráveis, como a interface homem-máquina, programas de treinamento e procedimentos operacionais. A quantificação resultante não apenas prioriza iniciativas de redução de erros humanos, mas também contribui para uma avaliação global de riscos mais completa. Esta técnica é especialmente eficaz para identificar áreas de melhoria e proporcionar a redução de riscos gerais do sistema (Diretriz Petro-HRA (IFE, 2022).

As etapas do método Petro-HRA estão descritas na Figura 8:

Figura 8 - Etapas do Petro-HRA



Fonte: Adaptada de IFE (2022)

O Petro-HRA deve ser empregado para avaliar, de forma qualitativa e quantitativa, a probabilidade de falha humana. Embora a análise qualitativa seja crucial, a análise quantitativa é igualmente valiosa. O foco principal da análise quantitativa é identificar quais tarefas são mais sensíveis a erros humanos e quais PFS têm maior impacto na probabilidade de erro. A comparação dos erros humanos com falhas de hardware/software e outros eventos em uma avaliação global de risco permite uma melhor priorização das medidas de redução de riscos.

O método Petro-HRA avalia 9 PSFs, que interferem no desempenho do operador, seja positiva ou negativamente. Esses PFS incluem considerações como tempo, estresse, complexidade da tarefa, experiência/treinamento, procedimentos, interface homem-máquina, atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte à gestão, trabalho em equipe e ambiente físico de trabalho. A análise desses elementos proporciona uma compreensão mais completa e detalhada do contexto em que ocorrem as ações humanas, permitindo uma abordagem mais precisa na redução da probabilidade de ocorrência do erro humano.

O método também calcula a probabilidade, buscando quantificar o nível de risco associado a uma tarefa ou procedimento específico, considerando vários fatores influenciadores. Cada fator é multiplicado por um valor correspondente, determinado através da análise e avaliação individual de cada elemento. O resultado oferece uma medida do potencial de erro humano e do nível de risco envolvido na execução da tarefa.

2.2.2.1 Limitação do Petro-HRA

Vale ressaltar que o Petro-HRA foi desenvolvido para a indústria petrolífera *onshore* e *offshore*, para quando o erro humano pode ocorrer durante uma resposta a um acidente grave, ou seja, para avaliar eventos pós-iniciador.

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada para a realização do presente trabalho será um estudo de caso. Para esse estudo foi considerado 3 operações em uma empresa química, envolvendo a manipulação de hipoclorito. Para avaliar os riscos dos cenários, inicialmente foi utilizado a APR como ponto de partida. Dos cenários mais críticos que serão identificados na APR, os quais estejam diretamente relacionados à confiabilidade humana, o estudo selecionará dentre estes o cenário mais relevante quanto aos danos potenciais.

O estudo de caso utilizará 03 procedimentos envolvendo a manipulação de hipoclorito de sódio (NaClO). O NaClO é um material corrosivo que pode ser altamente tóxico e reativo quando entra em contato com substâncias incompatíveis, como amônia ou ácidos, por exemplo (UNIPAR, 2023). É válido ressaltar que a análise se baseou em procedimentos reais compartilhados por um dos integrantes do grupo, bem como entrevistas em campo e verificação de histórico de acidentes. Os procedimentos correspondem às operações de formulação (operação de formulação de *blends* ácidos a partir dos produtos originados de ácido nítrico, ácido fosfórico e ácido sulfúrico), tancagem (transferência de produto acabado para carregamento de caminhão-tanque) e lavagem de embalagens (operação de lavagem com água quente de embalagens em área dedicada).

Inicialmente, o grupo aplicou a técnica Análise Preliminar de Risco (APR) para identificação dos cenários críticos de perda de contenção que envolvam alguma ação do operador como possível causa do cenário.

A APR desempenha um papel precursor em relação a outras análises, permitindo a focalização em riscos individuais. A principal vantagem da APR reside na praticidade, pois pode ser conduzida por uma equipe relativamente pequena e proporciona respostas rápidas de prevenção do risco (Barros, 2013). A APR representa a abordagem inicial, sendo empregada como técnica qualitativa para identificar e avaliar os potenciais riscos associados às atividades desta indústria. A APR fornece informações para a tomada de decisões, proporciona a identificação de medidas de controle e apresenta recomendações pertinentes para mitigar os riscos identificados. Portanto, é uma ferramenta apropriada para este estudo de caso, proporcionando uma abordagem sistemática e estruturada para a identificação e avaliação dos riscos associados. Contudo, para a avaliação da confiabilidade humana considerando os fatores influenciados do desempenho, faz-se necessário selecionar um método complementar.

A metodologia deve-se optar entre dois métodos específicos: o APOA e o Petro-HRA. A escolha entre as técnicas será guiada pelas características intrínsecas do cenário, orientada pela sua natureza, seja ele considerado pré-iniciador, iniciador ou pós-iniciador do acidente. Para analisar eventos pré-iniciador ou iniciador APOA é aplicável, por outro lado, em cenários pós-inicializador o Petro-HRA se destaca, conforme destaca a Figura 3.

O método qualitativo APOA é caracterizado por sua versatilidade, natureza qualitativa e aplicabilidade em equipes multidisciplinares, destacando-se pela facilidade de entendimento e uma abordagem adequada em relação ao erro humano (ØIE e FERNANDER, 2023). Sua natureza genérica permite adaptação a diversos setores, enquanto a abordagem qualitativa possibilita uma avaliação mais abrangente dos riscos. A aplicabilidade em contextos multidisciplinares e a facilidade de entendimento permitem sua implementação em ambientes industriais complexos. O APOA enxerga o erro humano não como causa direta de acidentes, mas como variabilidade induzida no comportamento humano, contribuindo para a criação de sistemas robustos capazes de lidar com variações no desempenho humano de maneira segura. Para a análise de tarefas críticas de segurança em situações anormais, como respostas de operadores a eventos perigosos, são recomendados outros métodos, como o Petro-HRA.

O Petro-HRA é um método desenvolvido para avaliação qualitativa e quantitativa da confiabilidade humana na indústria do petróleo, visando identificar, modelar e avaliar tarefas relacionadas ao risco de acidentes graves, principalmente no contexto da análise quantitativa de risco.

O APOA e o PETRO-HRA oferecem métodos distintos para a avaliação da confiabilidade humana, permitindo uma seleção mais precisa com base nas características e objetivos específicos do estudo. Ambas as técnicas fornecem uma análise aprofundada, possibilitando a identificação de fatores críticos e a proposição de medidas preventivas eficazes para mitigar os riscos associados à intervenção humana em contextos específicos.

Em suma, após a realização da APR, a escolha entre as duas ferramentas de análise de confiabilidade humana, APOA e Petro-HRA, será orientada pelas características intrínsecas ao cenário mais crítico identificado. A opção pelo método mais apropriado conduzirá a um resultado mais assertivo do cenário no tocante à confiabilidade humana, seja o APOA, com sua versatilidade na avaliação de eventos pré-iniciadores ou iniciadores, ou o Petro-HRA, com sua ênfase na avaliação de eventos pós-iniciadores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 APR

A empresa na qual foi realizada o estudo é uma indústria química com duas plantas do Brasil, sendo a objeto desse estudo de caso localizada no estado de São Paulo, ao lado de uma rodovia, num polo industrial. A operação fabril é composta das áreas de Tancados, Formulação, Envase, Pesagem e Lavagem de Embalagens, soma um pouco mais de 70 operadores, operando em 3 turnos e o volume de produção anual é cerca de 37 mil toneladas. Os principais produtos fabricados na unidade são: desinfetantes, desincrustantes, desengordurantes e lubrificantes.

4.1.1 Setor de Tancados e Análise Preliminar de Risco de Cenário Crítico

A área de Tancados é composta no total de 11 tanques de armazenamento, dentro desse número há tanques de tratamentos de resíduos (efluentes), hidróxido de sódio, hipoclorito de sódio, peróxido de hidrogênio, ácido fosfórico e ácido nítrico. Há apenas um operador responsável pela área de Tancados por turno, no qual realiza operações simultâneas.

A operação que tem envolvimento com o Hipoclorito de Sódio é a de carregamento de caminhão-tanque, a qual tem uma duração de 1 hora. O produto que fica armazenado em contentores de 1000L do tipo *Intermediate Bulk Container* (IBC) é transferido para um caminhão-tanque por acionamento manual de uma bomba pneumática no qual o operador precisa inserir manualmente o mangote de sucção em um IBC por vez, variando de 10 a 20 IBCs a depender do produto e do tamanho do caminhão. Na APR, foi identificado um risco não tolerável na etapa de transferência visto que não há nenhum sistema de segurança (controle de nível, fluxo ou volume) que impeça o transbordamento do produto no caminhão, além da difícil visualização do volume transferido. Ressalta-se que esse evento já ocorreu na planta, bem como também o de encaminhar uma quantidade inferior ao demandado pelo cliente.

A Figura 9 e parte da APR (estudo completo no Apêndice A) apresenta o resultado da etapa de maior risco durante a operação de carregamento de caminhão-tanque.

Figura 9 - Análise de Preliminar de Risco de Cenário Crítico no Setor de Tancados

Análise Preliminar de Risco (APR) - Tancados																			
Perigo	Causa	Consequência	Salvaguardas Existentes	Observações	Frequência	Pessoas		Meio Ambiente		Instalação		Recomendações	Frequência	Pessoas		Meio Ambiente		Instalação	
						Severidade	Risco	Severidade	Risco	Severidade	Risco			Severidade	Risco	Severidade	Risco	Severidade	Risco
Transbordamento de material corrosivo do caminhão durante carregamento	Falha operacional em transferência de material (volume transferido maior que a capacidade do caminhão-tanque)	Queimadura e/ou intoxicação química	Dique de Contenção (mitigadora)	- Inexistência de controle de nível no caminhão; - Inexistência de controle de volume/peso; - Dificil visualização do nível já transferido; - Inexistência de controle de acesso de pessoas; - Atividades realizadas simultaneamente; - Inexistência de procedimento de emergência para parada de transferência; - Falta de treinamento no procedimento; - Falta de auditoria na execução do procedimento.	5	3	NT	1	M	1	M	R001 - Instalar controle de nível no caminhão; R002 - Instalar controle de volume/peso na linha de transferência; R003 - Instalar controle de acesso de pessoas na área de tancados durante atividades de transferência (giroflex alertando sobre momento de transferência); R004 - Estabelecer que a atividade que não pode ser realizada em paralelo com outros atividades, se necessário realizar a contratação de mais 1 operador para atendimento da demanda; R005 - Treinar periodicamente os operadores no procedimento, incluindo parada de emergência e os riscos do processo; R006 - Treinamento periodico geral de segurança.	4	3	M	1	T	1	T

4.1.2 Setor de Formulação e Análise Preliminar de Risco de Cenário Crítico

No setor de formulação de produtos cerca 270 toneladas mensais de hipoclorito de sódio são utilizadas para formular no total 16 produtos clorados. No setor há 10 tanques de formulação, sendo 4 usados para formular produtos à base de hipoclorito de sódio.

Foi analisado um incidente (sem vítima) que ocorreu no ano de 2015. Devido uma falha humana, certa quantidade de hipoclorito de sódio foi adicionada erroneamente a um tanque; que continha materiais de caráter ácido; o contato entre hipoclorito de sódio e ácido gerou uma reação descontrolada levando a uma explosão que danificou completamente a tampa do tanque e o teto da fábrica, conforme mostra a Figura 10.

Figura 10 - Registro do incidente devido reação de hipoclorito de sódio com ácido dentro do tanque



A Figura 11 apresenta um cenário da análise de risco realizada do processo de formulação com hipoclorito de sódio.

Figura 11 - Análise de Preliminar de Risco de Cenário Crítico no Setor de Formulação

Análise Preliminar de Risco (APR) - Formulação																			
Perigo	Causa	Consequência	Salvaguardas Existentes	Observações	Frequência	Pessoas		Meio Ambient		Instalaçã o		Recomendações	Frequência	Pessoas		Meio Ambient		Instalaçã o	
						Severidade	Risco	Severidade	Risco	Severidade	Risco			Severidade	Risco	Severidade	Risco	Severidade	Risco
Mistura de produtos incompatíveis com Hipoclorito de Sódio	Introdução errônea de Hipoclorito de Sódio no tanque que esta formulando ácido	Ruptura do tanque com possibilidade de fatalidade	Inexistente	- Inexistência de treinamento no procedimento; - Operador trabalha em operações simultâneas ou seja em mais de 1 tanque devido demanda; - Tanque que é formulado produtos a base de Hipoclorito de Sódio é de aço inox (imcompátivel), risco de qualidade.	5	3	NT	1	M	3	NT	R007 - CLP com sequenciamento automático das receitas; R008 - Tanque de formulação dedicado para Hipoclorito de Sódio; R004- Estabelecer que a atividade que não pode ser realizada em paralelo com outras atividades, se necessário realizar a contratação de mais 1 operador para atendimento da demanda; R005 - Treinar periodicamente os operadores no procedimento de transferência incluindo parada de emergência e os riscos do processo; R006 - Treinamento periodico geral de segurança.	3	3	M	1	T	3	M

Assim como na análise anterior, os dois eventos precisam de apenas um erro humano para ocorrerem; diante disso, também se considerou um risco Não Tolerável tanto para as pessoas, quanto para a instalação (danos ao equipamento), devido à inexistência de sistemas de segurança efetivos para eliminar ou minimizar o risco.

4.1.3 Setor de Lavagem de Embalagens e Análise Preliminar de Risco de Cenário Crítico

A área de lavagem de embalagens é realizada em dois turnos de 8 horas cada e possui 1 operador por turno que realiza o processo de lavagem de IBCs e bombonas com água quente entre 60°C e 80°C. Nesta etapa as embalagens são armazenadas num mesmo ambiente. Em seguida, as embalagens são lavadas uma em sequência da outra, sem segregação por compatibilidade química. Dado que toda a drenagem do pátio de limpeza vai para o mesmo tanque de resíduo, há um alto risco de reação de materiais ácidos com clorados. No cenário mais crítico pode haver liberação de gás cloro e ocasionar a evacuação da área fabril (há registro de evento ocorrido nessa empresa). A Figura 12 apresenta o cenário da análise preliminar de risco realizada da área de lavagem de IBCs.

Figura 12 - Análise de Preliminar de Risco de Cenário Crítico no Setor de Lavagem de Embalagens

Análise Preliminar de Risco (APR) - Lavagem de Embalagens																		
Causa	Consequência	Salvaguard as Existentes	Observações	Frequência	Pessoas		Meio Ambiente		Instalaçã o		Recomendações	Frequência	Pessoas		Meio Ambiente		Instalaçã o	
					Severidade	Risco	Severidade	Risco	Severidade	Risco			Severidade	Risco	Severidade	Risco	Severidade	Risco
Lavagem de produto clorado com produto ácido	- Intoxicação; - Morte.	Inexistente	- Historico de 2 ocorrências de liberação de gás cloro na lavagem e uma delas houve evacuação da planta (na época não havia procedimento para verificação de pH da caixa de resíduos da lavagem; - Inexistência de treinamento no procedimento.	5	4	NT	1	M	1	M	R009 - Segregar uma área especifica para armazenar IBCs com resíduos de clorado para que sejam limpos juntos; R010 - Instalar pHmetro na caixa de resíduos da lavagem para que não seja necessário verificar o pH manualmente; R011 - Instalar um ponto de amostra na tubulação que envia da caixa coletora de lavagem para os tanques de efluente; R012 - Realizar a operação também no 3º turno; R005 - Treinar periodicamente os operadores no procedimento de transferência incluindo parada de emergência e os riscos do processo; R006 - Treinamento periodico geral de segurança.	3	4	M	1	T	1	T

4.2 APOA

A seleção do cenário mais crítico neste estudo de caso baseou-se na consequência mais significativa, dentre os cenários apontados: lavagem, tancagem e formulação. Na área de lavagem de embalagens, onde um operador realiza o processo de lavagem de IBCs e bombonas com água quente, identificou-se um alto risco de reação entre materiais ácidos e clorados devido à ausência de segregação de resíduos incompatíveis, evidenciando a necessidade de uma análise aprofundada. A lavagem sequencial dos recipientes pode resultar em reações na caixa de contenção e no tanque de efluentes, podendo levar a evacuações da planta. Inclusive há o registro de uma evacuação anterior por essa razão.

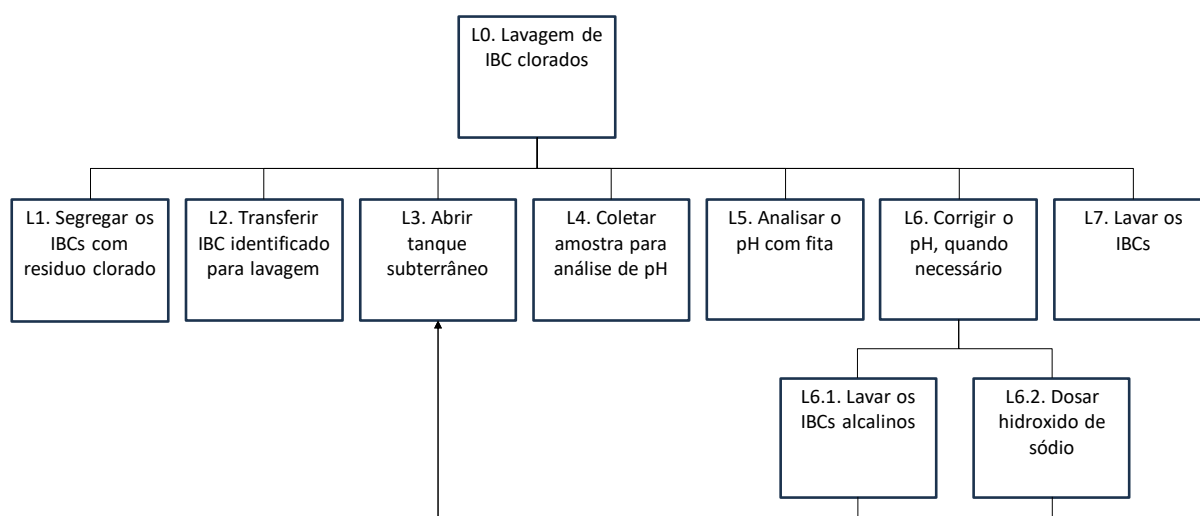
A observação da APR destaca haver a necessidade de uma abordagem mais específica para a avaliação da confiabilidade humana. Conforme a metodologia empregada neste trabalho, isso conduz à escolha entre as técnicas Petro-HRA e APOA.

A escolha da técnica APOA para a análise deste cenário crítico é a mais adequada. Desenvolvido para analisar eventos pré-iniciadores ou iniciadores, o APOA é a técnica mais indicada para avaliar as ações do operador no processo de lavagem de IBCs por tratar-se de um erro iniciador.

Cabe destacar que outros dois cenários, Tancados e Formulação, foram identificados e analisados; entretanto, a técnica APOA foi aplicada exclusivamente ao cenário considerado o mais crítico em termos de impacto.

A identificação das tarefas na operação de lavagem de IBCs clorados foi conduzida pelo grupo de estudo, resultando em um diagrama abrangente que lista todas as subtarefas envolvidas e proporciona uma hierarquização detalhada. Esse mapeamento foi fundamental para se compreender a complexidade da operação, possibilitando a elaboração da planilha para a análise simplificada. O resultado da análise de hierarquia das tarefas pode ser observado na Figura 13.

Figura 13 - Análise de hierarquia das tarefas



A informação das hierarquias de tarefas serviu para subsidiar a construção da planilha de análise de criticidade das tarefas. A criticidade é avaliada em função de 3 parâmetros: complexidade, familiaridade e consequência. Os 3 parâmetros são sempre avaliados entre alto, médio e baixo. Os resultados dessa planilha, que incluem a identificação da tarefa crítica estão na Tabela 3.

Da análise da operação de lavagem de IBCs, conforme a Tabela 3, foram identificadas três tarefas que receberam uma Classificação Final ALTA. Cabe destacar que a classificação final da tarefa L4 foi alterada de média (inicial) para alta (final) dado o histórico de incidentes de contaminação do tanque de resíduo, gerando uma reação indesejada e liberação de gás tóxico, conforme pode ser observado.

Tabela 3 -Tabela de classificação de criticidade de tarefas

Tarefa	Complex.	Familiaridade	Conseq.	Criticidade Tarefa (i)	Criticidade Tarefa (f)	Abordagem
L1.	Baixa	Baixo	Médio	Baixa	Baixa	Nenhuma análise necessária
L2.	Baixa	Baixo	Baixa	Baixa	Baixa	
L3	Baixa	Baixo	Baixa	Baixa	Baixa	
L4	Baixa	Baixo	Alto	Média	Alta	Execute análises detalhadas de tarefas e erros
L5	Médio	Baixo	Alto	Alta	Alta	
L6.	Médio	Baixo	Alto	Alta	Alta	
L7	Baixa	Alto	Baixa	Baixa	Baixa	Nenhuma análise necessária

Estas tarefas críticas são as seguintes:

- L4. Coletar uma amostra do tanque subterrâneo para análise de pH;

- L5. Analisar o pH com a fita de pH;
- L6. Corrigir o pH, quando necessário.

Diante do resultado apresentado, faz-se necessário realizar uma análise detalhada para cada tarefa.

A análise detalhada da tarefa L4 - Coletar amostra do tanque subterrâneo para análise de pH – indica os PSF que o operador enfrenta como: pressões operacionais, estresse e falta de treinamento anual formalizado. Além disso, possíveis erros incluem a coleta incorreta da amostra, com consequências que variam desde operação inadequada até a omissão da coleta. A criticidade é considerada média, com oportunidade de recuperação baixa. Recomenda-se aprimorar medidas de segurança e implantar treinamentos regulares.

Para a tarefa L5 - Analisar o pH com a fita de pH - o operador deve inserir a fita de pH no "pescador" e realizar diversas etapas. Os PSF apontados abordam a pressão operacional, estresse moderado do operador e, ocasionalmente, a falta de uso de Equipamento de Proteção Individual (EPI). Cabe destacar que erros potenciais envolvem a colocação inadequada da fita, com risco de lesões decorrentes do contato com substâncias químicas, dentre outros. A criticidade é média, com oportunidade de recuperação também média. Recomenda-se a implementação de sinalização de segurança para o uso adequado de EPI.

Em relação à tarefa L6 - Corrigir o pH - esta tarefa abrange duas subtarefas, sendo elas lavar os IBCs alcalinos (L6.1) e dosar hidróxido de sódio, aguardando 10 minutos (L6.2). Dos PSFs apontados se destacam as pressões operacionais e falta de treinamento anual formalizado. Erros potenciais incluem a execução fora de ordem e a não realização da medição do pH subsequente. As consequências envolvem reações indesejadas no tanque subterrâneo, classificando a criticidade como alta. A oportunidade de recuperação é considerada baixa. Recomenda-se adotar a codificação por cor e promover treinamentos periódicos para mitigar riscos.

A análise detalhada dessas tarefas revelou, em relação aos PSF a pressões operacionais, estresse do operador e falta de treinamento formalizado, culminando em potenciais erros e consequências graves. Recomendações foram propostas para melhorar medidas de segurança, implantar treinamentos regulares, reforçar a cultura de segurança e promover o uso adequado de EPI, mitigando as consequências nas operações sequenciais. A aplicação da metodologia APOA destacou-se na identificação e compreensão da criticidade da tarefa e subtarefas, permitindo a adoção de estratégias

eficazes para aprimorar a segurança e a eficiência operacional. Os erros com consequências potencialmente elevadas e baixa probabilidade de recuperação acabarão por ter uma criticalidade elevada e devem, portanto, ser priorizados em detrimento de medidas de redução de riscos com custos semelhantes. Os resultados completos dessa análise detalhada são apresentados na Figura 14.

Figura 14 - Análise detalha das tarefas críticas

Etapa da Tarefa	Executado por	Feedback	Fatores de influenciadores de Desempenho (PERFORMANCE SHAPING FACTORS - PSF)	Erro potencial	Consequência provável	Nível Consequência (A/M/B)	Oportunidade de Recuperação	Oportunidade de Recuperação	Criticidade	Resultado no pior caso	ERROR PRODUCING CONDITIONS AND ERROR TRAPS	Ações recomendadas	Observações
L4. Coletar amostra do tanque subterrâneo para análise de pH													
1.Coletar com o pescador uma amostra do efluente do tanque subterrâneo	Operador de lavagem de embalagens	N/A	-Área de armazenagem de embalagens é pequena em relação a demanda diária, portanto o operador trabalha sob pressão, pois a área cheia de embalagens sujas ou a falta de embalagens limpas acaba interrompendo a produção; -O operador enfrenta moderado stress de ameaça devido ao risco de liberação de gás cloro e necessidade de evacuação da planta (no qual já ocorreu); -Os operadores não possuem treinamento anual formalizado; -Existe uma incompatibilidade entre o risco percebido e o real; -Não existe uma cultura rígida com os procedimentos de segurança; -Não existe ferramenta de coleta ("coletor") dedicado para tarefa.	- Operação incorreta durante a coleta; - Omitir a coleta da amostra.	-Risco de lesão devido a queda; -Risco de lesão devido o contato com o químico.	Média	O erro provavelmente não será detectado pelo operador	Baixo	Alto	N/A		R013 - Realizar a lavagem de IBCs clorados em tanques separados (ou empresa especializada); R009 - Instalar pHmetro na caixa de resíduos da lavagem para que não seja necessário verificar o pH manualmente; R010 - Instalar um ponto de amostra na tubulação que envia da caixa coletora de lavagem para os tanques de efluente; R005 - Treinar periodicamente os operadores no procedimento de transferência incluindo parada de emergência e os riscos do processo; R006 - Treinamento periodico geral de segurança. R014 - Criar uma campanha na empresa para reforçar a cultura de segurança.	Grupo de recomendações que devem ser consideradas como suficientes para redução do risco: 1) R013, R005, R006 e R014, ou; 2) R010, R005, R006 e R014, ou; 3) R011, R005, R006 e R014.
L5.Analisar o pH com a fita de pH													
1. Colocar a fita de pH no "pescador" (amostra coletada)	Operador de lavagem de embalagens	N/A	-Área de armazenagem de embalagens é pequena em relação a demanda diária, portanto o operador trabalha sob pressão, pois a área cheia de embalagens sujas ou a falta de embalagens limpas acaba interrompendo a produção; -O operador enfrenta moderado stress de ameaça devido ao risco de liberação de gás cloro e necessidade de evacuação da planta (no qual já ocorreu); -Os operadores não possuem treinamento anual formalizado; -Existe uma incompatibilidade entre o risco percebido e o real; -Não existe uma cultura rígida com os procedimentos de segurança; -Não existe ferramenta de coleta ("coletor") dedicado para tarefa; - Em função de uma cultura de segurança pouco difundida, ocasionalmente os operação não utilizam os EPI em todas as etapas.	O operador coloca a fita de forma inadequada no pescador	Risco de lesão devido o contato com o químico	Baixo	Um colega de trabalho ou supervisor atento pode observar ou detectar o erro e notificar o operador, sobre os riscos na indiciplina do uso	Média	Baixo	Lesão do operador	-Em função de uma cultura de segurança pouco difundida, ocasionalmente os operação não utilizam os EPI em todas as etapas.	R015 - Implementar sinalização de segurança para acesso á area de lavagem sobre o uso de EPI específico.	Essa recomendação pode ser considerada
2. Aguardar 5 segundos com a fita mergulhada no líquido		N/A		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3. Remover a fita do "pescador"		N/A		O operador coloca a fita de forma inadequada no pescador	Risco de lesão devido o contato com o químico	Baixo	Um colega de trabalho ou supervisor atento pode observar ou detectar o erro e notificar o operador, sobre os riscos na indiciplina do uso de EPI.	Média	Baixo	Lesão do operador	-Em função de uma cultura de segurança pouco difundida, ocasionalmente os operação não utilizam os EPI em todas as etapas.	R015 - Implementar sinalização de segurança para acesso á area de lavagem sobre o uso de EPI específico.	Essa recomendação pode ser considerada
4. Comparar o resultado da cor da fita com a tabela fomicida pelo fabricante		A fita muda de cor conforme padrão do fabricante		-O operador realiza o diagnóstico incorreto do resultado	Reação indesejada no tanque subterrâneo	Alto	O erro dificilmente será detectado pelo operador	Baixo	Alto	- Intoxicação; - Morte.	-Fita de pH vencida	R009 - Instalar pHmetro na caixa de resíduos da lavagem para que não seja necessário verificar o pH manualmente; ou 'R016 - Utilizar medidor digital portátil de pH;	Recomendação que devem ser consideradas como suficientes para redução do risco: R010 ou R016
L6. Corrigir o pH													
L6.1 Lavar os IBC alcalinos	Operador de lavagem de embalagens	N/A	-Área de armazenagem de embalagens é pequena em relação a demanda diária, portanto o operador trabalha sob pressão, pois a área cheia de embalagens sujas ou a falta de embalagens limpas acaba interrompendo a produção; -Os operadores não possuem treinamento anual formalizado; -Existe uma incompatibilidade entre o risco percebido e o real;	Operação em ordem errada, não retomando para etapa de medição do pH seguinte para a etapa L7; -Operação certa no objeto errado	Reação indesejada no tanque subterrâneo	Alto	O erro pode ser detectado se o operar estiver atento	Média	Alto	- Intoxicação; - Morte.	-Área de armazenagem de embalagens é pequena em relação a demanda diária, portanto o operador trabalha sob pressão, pois a área cheia de embalagens sujas ou a falta de embalagens limpas acaba interrompendo a produção.	R017 - Utilizar codificação por cor para diferenciar os IBCs e embalagens com conteúdo reativo (clorado, acido e alcalino) e os não reativos.	Recomendação que devem ser consideradas como suficientes para redução do risco: R017
L6.2 Dosar 100kg de hidróxido de sódio e aguardar 10 minutos		N/A	-Área de armazenagem de embalagens é pequena em relação a demanda diária, portanto o operador trabalha sob pressão, pois a área cheia de embalagens sujas ou a falta de embalagens limpas acaba interrompendo a produção; -Os operadores não possuem treinamento anual formalizado; -Existe uma incompatibilidade entre o risco percebido e o real;	Operação em ordem errada, não retomando para etapa de medição do pH seguinte para a etapa L7	Reação indesejada no tanque subterrâneo	Alto	O erro dificilmente será detectado pelo operador	Baixo	Alto	- Intoxicação; - Morte.	-Existe uma incompatibilidade entre o risco percebido e o real	R005 - Treinar periodicamente os operadores no procedimento de transferência incluindo parada de emergência e os riscos do processo; R006 - Treinamento periodico geral de segurança. R014 - Criar uma campanha na empresa para reforçar a cultura de segurança;	Recomendação que devem ser consideradas como suficientes para redução do risco: R005, R006 e R014
L7. Lavar os IBCs clorados													

4.3 PRIORIZAÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES

As recomendações das análises realizadas foram compiladas em uma tabela única dos dois estudos APR e APOA. Para avaliar a eficácia da aplicação dessas recomendações foi realizado uma análise de hierarquia que considera a efetividade de cada medida proposta. As recomendações mais efetivas são as que buscam a eliminação, seguida da substituição, controles de engenharia, controles administrativos e de EPI (NIOSH, 2023). O resultado das recomendações para a área de lavagem pode ser encontrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Recomendações propostas pela técnica APR e APOA

Metodologia	Área	Risco Atual	Recomendação	Hierarquia
APR	Lavagem	NT	R009 - Instalar pHmetro na caixa de resíduos da lavagem para que não seja necessário verificar o pH manualmente;	Controles de engenharia
			R010 - Instalar um ponto de amostra na tubulação que envia da caixa coletora de lavagem para os tanques de efluente;	Controles de engenharia
			R011 - Segregar uma área específica para armazenar IBCs com resíduos de clorado para que sejam limpos juntos;	Controles administrativos
			R012 - Realizar a operação também no 3º turno;	Controles administrativos
			R005 - Treinar periodicamente os operadores no procedimento de transferência incluindo parada de emergência e os riscos do processo;	Controles administrativos
			R006 - Treinamento periódico geral de segurança.	Controles administrativos
APOA	Lavagem	Alto	R013 - Realizar a lavagem de IBCs clorados em tanques separados (ou empresa especializada);	Substituição
			R009 - Instalar pHmetro na caixa de resíduos da lavagem para que não seja necessário verificar o pH manualmente;	Controles de engenharia
			R010 - Instalar um ponto de amostra na tubulação que envia da caixa coletora de lavagem para os tanques de efluente;	Controles de engenharia
			R005 - Treinar periodicamente os operadores no procedimento de transferência incluindo parada de emergência e os riscos do processo;	Controles administrativos
			R006 - Treinamento periódico geral de segurança;	Controles administrativos
			R014 - Criar uma campanha na empresa para reforçar a cultura de segurança.	Controles administrativos
		Baixo	R015 - Implantar sinalização de segurança para acesso à área de lavagem sobre o uso de EPI específico.	Controles administrativos
		Baixo	R015 - Implantar sinalização de segurança para acesso à área de lavagem sobre o uso de EPI específico.	Controles administrativos
		Alto	R009 - Instalar pHmetro na caixa de resíduos da lavagem para que não seja necessário verificar o pH manualmente;	Controles de engenharia
			R016 - Utilizar medidor digital portátil de pH;	Controles administrativos
		Alto	R017 - Utilizar codificação por cor para diferenciar os IBCs e embalagens com conteúdo reativo (clorado, ácido e alcalino) e os não reativos.	Controles administrativos
		Alto	R005 - Treinar periodicamente os operadores no procedimento de transferência incluindo parada de emergência e os riscos do processo;	Controles administrativos
			R006 - Treinamento periódico geral de segurança;	Controles administrativos
			R014 - Criar uma campanha na empresa para reforçar a cultura de segurança.	Controles administrativos

Após analisar as recomendações destacadas, observou-se que, ao se realizar uma análise mais minuciosa da tarefa durante a utilização da ferramenta APOA, foi possível identificar uma medida de substituição do risco que não havia sido reconhecida durante a APR. Isso evidencia a complementaridade entre a aplicação das ferramentas APR e APOA com uma perspectiva mais centrada nas interações humanas com o sistema.

5. CONCLUSÃO

Quanto à metodologia proposta, verifica-se que a análise integrada das ferramentas APR e APOA proporciona uma abordagem abrangente. Na APR, são identificados os principais perigos e definidos cenários críticos sob uma perspectiva técnica. Paralelamente, a APOA analisa os fatores influenciadores de desempenho, especificamente das tarefas críticas da APR, considerando iniciadores ou pré-iniciadores de cenários acidentais maiores sob uma ótica mais complexa da interface sistema e ser humano. Essa abordagem conjunta possibilita uma análise aprofundada dos eventos indesejados, resultando em uma identificação mais efetiva de medidas de controle para a redução do risco a um nível mais tolerável.

Verificou-se que a aplicação inicial da APR é uma importante ferramenta para a identificação de cenários acidentais graves, bem como a APR mostrou-se uma ferramenta simples e efetiva para a identificação destes cenários, as falhas operacionais que podem levar diretamente à ocorrência do evento e possíveis medidas de controle.

Nos cenários analisados, foi constatado que o cenário mais crítico dentre as operações avaliadas foi o referente à operação de lavagem, que possui como causa uma falha durante a atividade de “lavagem de produto clorado com produto ácido”. Após a identificação da falha operacional como possível causa do evento (a falha foi classificada como um evento iniciador), foi selecionada a ferramenta APOA de forma a aprofundar a análise iniciada pela APR com foco nos fatores influenciadores de desempenho e seu impacto na ocorrência do acidente analisado, identificando o grau de risco de cada tarefa/subtarefa crítica e oportunidades de melhoria da segurança da operação, de forma a tornar a interface homem sistema mais tolerante a erro e capaz de manter uma operação segura.

Levando em consideração a hierarquia de controle na priorização das recomendações de segurança identificadas em ambas as análises, verificou-se que, com a análise mais detalhada da tarefa durante a aplicação da ferramenta APOA, foi identificada uma medida de substituição do risco, que não havia sido identificada durante a APR, demonstrando a complementaridade das ferramentas no estudo de caso proposto.

Pode ser verificado, durante o desenvolvimento dos cenários acidentais, bem como na lista de recomendações identificadas, a complementaridade das referidas técnicas, sendo possível a análise integrada de uma APR em conjunto com uma análise de confiabilidade humana nos cenários onde uma falha ou erro operacional pode levar, direta ou indiretamente, a um evento indesejado.

Finalmente, a partir dos resultados obtidos nas análises consideradas para o cenário crítico, referente à operação de lavagem de IBCs clorados, nota-se que a análise de confiabilidade humana pode complementar a APR na identificação de medidas de controle relativas à ação do operador, por conta de sua visão mais focada nas pessoas – não facilmente identificáveis durante uma análise preliminar de risco por conta das limitações da ferramenta discutidas nesse trabalho.

5.1 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS:

Com base nas conclusões derivadas da análise integrada da APR e APOA no cenário crítico de lavagem de IBCs clorados, algumas sugestões de trabalhos futuros podem ser consideradas para aprimorar ainda mais a compreensão e gestão de riscos operacionais: estender a metodologia proposta para outras operações ou setores industriais, avaliando a generalização da abordagem e identificando nuances específicas de diferentes contextos; explorar a aplicação de tecnologias emergentes, como simulações computacionais avançadas e modelagem de sistemas, para aprimorar a precisão das análises de risco e desempenho operacional; realizar uma análise econômica das medidas de controle sugeridas, considerando não apenas os aspectos de segurança, mas também os impactos financeiros associados à implementação de tais medidas.

6. REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR ISO 31000 - Gestão de riscos — Diretrizes**. [S.l.]. 2018.
- ABNT. **NBR ISO 31010:2021 - Gestão de Risco - Técnicas para o processo de avaliação de risco**. 2ª Edição. [S.l.]. 2021.
- BARROS, S. **Análise de Riscos**. Curitiba: INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ, 2013. Disponível em: <https://wiki.sj.ifsc.edu.br/images/3/32/Livro_AnaliseRiscos.pdf>.
- BAYBUTT, P. The role of people and human factors in performing process hazard analysis and layers of protection analysis. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v. 26, n. 6, p. 1352-1365, 2013. ISSN ISSN 0950-4230.
- IFE. **The Petro-HRA Guideline**. [S.l.]: IFE – Institutt for energiteknikk, v. I, 2022. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/11250/2989743>>.
- CCPS. **Guidelines for Hazard Evaluation Procedures**. 3ª. ed. [S.l.]: WILEY, v. I, 2008.
- CCPS. **Diretrizes para Segurança de Processo Baseada em Risco**. 1ª. ed. [S.l.]: Interciência, 2014.
- CETESB. Risco de Acidente de Origem Tecnológica - Método para decisão e termos de referência. **Norma Técnica P4.261**, São Paulo, Dezembro 2011. 140. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2013/11/P4261-revisada.pdf>>. Acesso em: 12 Outubro 2023.
- ENERGY INSTITUTE. **Managing major accident hazard risks (people, plant and environment) during organisational change**. Energy Institute. Londres, p. 72. 2020. (ISBN 978 1 78725 082 6).
- FEPAM. Manual de Análise de Riscos. **Departamento de Controle Ambiental / Divisão de Controle da Poluição Indústria**, Fevereiro 2016. 50.
- FUNDACENTRO. Prevenção de Acidentes Industriais Maiores, 2002. 122.
- HSE. **Reducing error and influencing behaviour - HSG48**. Health and Safety Executive. [S.l.]. 1999. (ISBN 978 0 7176 2452 2).
- IOGP. Understanding and managing human factors in the wells sector. **International Association of Oil & Gas Producers**, Setembro 2020. 12.
- NIOSH. Hierarchy of Controls. **The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)**, 2023. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/default.html>>. Acesso em: 17 janeiro 2024.
- ØIE, S.; FERNANDER, M. **Analysis of Pre-accident Operator Actions**. [S.l.]: DNV, 2023.
- PETROBRAS. **Norma Técnica PETROBRAS N-2782 - Técnicas Aplicáveis à Análise de Riscos Industriais**. REV. D - 08/2015. ed. [S.l.]: [s.n.], 2015.
- PETROBRAS. **Norma Técnica PETROBRAS N-2784 - Confiabilidade e Análise de Riscos**. REV.B - 08/2015. ed. [S.l.]: [s.n.], 2015.
- S.G. KARIUKI, K. L. Integrating human factors into process hazard analysis. **Reliability Engineering & System Safety**, 2007. 1764-1773.

UNIPAR. **FISPQ - HIPOCLORITO DE SÓDIO**. [S.l.], p. 13. 2023.

ANEXO A

FATORES DA TAREFA/ATIVIDADE

- Características da Tarefa, incluindo complexidade, dificuldade, familiaridade, ambiguidade;
- Tempo disponível versus tempo necessário para realizar a tarefa;
- Atenção dividida, com diferentes tarefas competindo por atenção;
- Distrações e interrupções;
- Painéis de controle/interfaces homem-máquina;
- Projeto e alocação de funções da automação;
- Intertravamentos e sistemas de proteção (tolerância a erros);
- Sistema de alarme, por exemplo, alarmes de enchentes, priorização/categorização;
- Clareza de sinais/sinais/instruções/rótulos/outras informações;
- Ferramentas apropriadas para a tarefa, incluindo condição e disponibilidade/acessibilidade;
- Procedimentos, por exemplo, inadequados, indisponíveis, incompletos ou inapropriados;
- Rotinas para preparação, planejamento e repasse de uma tarefa;
- Comunicação com colegas, supervisão, contratante, entre outros;
- Ambiente de trabalho físico - ruído, calor, espaço, iluminação, ventilação, umidade, vibrações, acesso.

FATORES INDIVIDUAIS/PESSOAIS

- Competência Formal, por exemplo, cursos e certificados;
- Competência Informal, ou seja, conhecimento, habilidades (incluindo sociais) e experiência;
- Sobrecarga/Subcarga de Trabalho (física ou cognitiva);
- Fadiga, por exemplo, devido a longas jornadas de trabalho;
- Capacidade física e condição;
- Estresse, incluindo ameaças à própria segurança ou à segurança de outros;
- Satisfação no trabalho, moral e atitudes;
- Motivação e atenção versus outras prioridades;
- Descompasso entre o risco percebido e o risco real;

FATORES ORGANIZACIONAIS

- Pressões e metas conflitantes do trabalho, por exemplo, produção versus segurança (incluindo pressão dos colegas);
- Nível e natureza da supervisão/liderança, linhas de autoridade;
- Exercícios práticos, exercícios de *workshop* e treinamento no trabalho;
- Trabalho em equipe e colaboração, orientação de outros;
- Níveis de pessoal, disponibilidade/capacidade/seleção de recursos humanos;
- Organização e estrutura, por exemplo, clareza de papéis e responsabilidades;
- Consequências de não seguir regras/procedimentos (conformidade);
- Eficácia da aprendizagem organizacional (aprendizado com experiências);
- Cultura organizacional ou de segurança, por exemplo, todos quebram as regras;
- Sistema de gerenciamento, por exemplo, políticas, processos de trabalho e gerenciamento de mudanças;
- suporte do supervisor e colegas.

FATORES DO AMBIENTE

- Temperatura externa;
- Condições climáticas (chuva, neve, granizo, vento);
- Hora do dia/luz natural.

ANEXO B

ERRO DE DIAGNÓSTICO

Dx1 - Diagnóstico não realizado;

Dx2 - Diagnóstico incorreto/incompleto;

Dx3 - Diagnóstico muito precoce/muito tardio (mal temporizado).

ERROS NO PLANEJAMENTO

P1 - Plano omitido;

P2 - Plano incorreto;

P3 - Plano incompleto.

ERROS NA TOMADA DE DECISÃO

D1 - Decisão correta com base em informações erradas/faltantes;

D2 - Decisão incorreta com base em informações corretas;

D3 - Decisão incorreta com base em informações erradas/faltantes;

D4 - Falha em tomar uma decisão (impasse).

ERROS NA SELEÇÃO

C1 - Verificação omitida;

C2 - Verificação incompleta;

C3 - Verificação correta no objeto errado;

C4 - Verificação errada no objeto certo;

C5 - Verificação errada no objeto errado;

C6 - Verificação muito precoce/tarde demais (mal temporizada).

ERROS NA VERIFICAÇÃO

S1 - Seleção omitida;

S2 - Seleção errada realizada.

ATOS INTENCIONAIS

IA1 - Variabilidade intencional (mas insegura) na execução da tarefa.

INFORMAÇÃO ERRADA

- I1 - Informação não comunicada;
- I2 - Informação incorreta comunicada;
- I3 - Comunicação incompleta/incorreta de informações;
- I4 - Comunicação de informações pouco clara.

ERROS NA RECUPERAÇÃO DE INFORMAÇÕES

- R1 - Informação não obtida;
- R2 - Informação obtida incorreta;
- R3 - Recuperação de informações incompleta;
- R4 - Informação obtida de maneira incorreta (mal-ouvida/interpretada erroneamente);
- R5 - Informação não disponível/inacessível.

ERRO DE AÇÃO

- A1 - Operação muito longa/curta;
- A2 - Operação muito precoce/tarde demais (mal temporizada);
- A3 - Operação na direção errada;
- A4 - Operação muito pouco/muito;
- A5 - Operação muito rápida/devagar;
- A6 – Desalinhamento;
- A7 - Deslocamento incorreto;
- A8 - Operação correta no objeto errado;
- A9 - Operação errada no objeto certo;
- A10 - Operação errada no objeto errado;
- A11 - Operação omitida;
- A12 - Operação incompleta;
- A13 - Operação em ordem errada.

APENDICE A – TABELA DA ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO

Seção do Processo	Perigo	Causa	Consequência	Salvaguardas Existentes	Observações	Frequência	Pessoas		Meio Ambiente		Instalação		Recomendações	Frequência	Pessoas		Meio Ambiente		Instalação	
							Severidade	Risco	Severidade	Risco	Severidade	Risco			Severidade	Risco	Severidade	Risco	Severidade	Risco
Tancados	Transbordamento de material corrosivo do caminhão durante carregamento	Falha operacional em transferência de material (volume transferido maior que a capacidade do caminhão-tanque)	Queimadura e/ou intoxicação química	Dique de Contenção (mitigadora)	- Inexistência de controle de nível no caminhão; - Inexistência de controle de volume/peso; - Dificil visualização do nível já transferido; - Inexistência de controle de acesso de pessoas; - Atividades realizadas simultâneamente; - Inexistência de procedimento de emergência para parada de transferência; - Falta de treinamento no procedimento; - Falta de auditoria na execução do procedimento.	5	3	NT	1	M	1	M	R001 - Instalar controle de nível no caminhão; R002 - Instalar controle de volume/peso na linha de transferência; R003 - Instalar controle de acesso de pessoas na área de tancados durante atividades de transferência (giroflex alertando sobre momento de transferência); R004 - Estabelecer que a atividade que não pode ser realizada em paralelo com outros atividades, se necessário realizar a contratação de mais 1 operador para atendimento da demanda; R005 - Treinar periodicamente os operadores no procedimento, incluindo parada de emergência e os riscos do processo; R006 - Treinamento periódico geral de segurança.	4	3	M	1	T	1	T
Formulação	Mistura de produtos incompatíveis com Hipoclorito de Sódio	Introdução errônea de Hipoclorito de Sódio no tanque que esta formulando ácido	Ruptura do tanque com possibilidade de fatalidade	Inexistente	- Inexistência de treinamento no procedimento; - Operador trabalha em operações simultâneas ou seja em mais de 1 tanque devido demanda; - Tanque que é formulado produtos a base de Hipoclorito de Sódio é de aço inox (incompátivel), risco de qualidade.	5	3	NT	1	M	3	NT	R007 - CLP com sequenciamento automático das receitas; R008 - Tanque de formulação dedicado para Hipoclorito de Sódio; R004- Estabelecer que a atividade que não pode ser realizada em paralelo com outras atividades, se necessário realizar a contratação de mais 1 operador para atendimento da demanda; R005 - Treinar periodicamente os operadores no procedimento de transferência incluindo parada de emergência e os riscos do processo; R006 - Treinamento periódico geral de segurança.	3	3	M	1	T	3	M
Lavagem de Embalagens	Mistura de materiais incompatíveis com Hipoclorito de Sódio	Lavagem de produto clorado com produto ácido	- Intoxicação; - Morte.	Inexistente	- Historico de 2 ocorrências de liberação de gás cloro na lavagem e uma delas houve evacuação da planta (na época não havia procedimento para verificação de pH da caixa de resíduos da lavagem; - Inexistência de treinamento no procedimento.	5	4	NT	1	M	1	M	R009 - Segregar uma área especifica para armazenar IBCs com resíduos de clorado para que sejam limpos juntos; R010 - Instalar pHmetro na caixa de resíduos da lavagem para que não seja necessário verificar o pH manualmente; R011 - Instalar um ponto de amostra na tubulação que envia da caixa coletora de lavagem para os tanques de efluente; R012 - Realizar a operação também no 3º turno; R005 - Treinar periodicamente os operadores no procedimento de transferência incluindo parada de emergência e os riscos do processo; R006 - Treinamento periodico geral de segurança.	3	4	M	1	T	1	T