

Pós-Graduação

Segurança de Processos



MODELO PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE SEGURANÇA DE PROCESSO BASEADA EM RISCO NA INDÚSTRIA DO ETANOL COMBUSTÍVEL

Fernanda F. Andrigo, Marilha V. S. Fernandes, Tanise M. Flores, Thyago G. Vieira

RESUMO

O presente artigo dedicou atenção à indústria do etanol combustível, com o objetivo de propor um modelo de implantação de um sistema de gerenciamento de segurança aplicável à referida indústria, tomando por base a abordagem de segurança de processo baseada em risco (RBPS, em inglês), proposta pelo CCPS – Center for Chemical Process Safety. O trabalho também buscou informações para robustecer a percepção de que não existe atualmente no setor uma cultura de segurança de processo bem estabelecida. Além disso, a importância da indústria no cenário nacional, a perspectiva de crescimento para os próximos anos, os ganhos para a segurança e a existência de uma regulação setorial específica desse setor no Brasil, também motivaram o desenvolvimento do trabalho.

Quanto à avaliação da cultura de segurança de processo, informações foram obtidas a partir de formulário online e de levantamento dos acidentes comunicados ao órgão regulador. As análises conduziram à conclusão de que parte do setor produtivo de etanol combustível não possui um nível adequado de cultura de segurança de processo frente aos riscos existentes.

Base primária da abordagem RBPS, uma análise de riscos do processo foi realizada aplicando-se a técnica de APR. Os resultados apontaram que os maiores riscos para a segurança de processo existentes em uma instalação típica de produção de etanol combustível estão nas etapas de fermentação, destilação, desidratação e armazenamento, sendo, essas, portanto, as áreas que devem ser priorizadas em termos de recursos dedicados aos sistemas de gestão de segurança.

Partindo da premissa apresentada na abordagem RBPS de que cada instalação, empresa ou organização deve definir a forma mais adequada para a implantação efetiva de um sistema de gestão de segurança de processo, levando-se em conta os riscos mapeados, os recursos disponíveis frente às demandas e a cultura de segurança atual, foram utilizadas em conjunto duas ferramentas gerenciais de priorização, as matrizes SWOT e GUT. Como resultado os 20 elementos de segurança de processo baseada em risco foram classificados e agrupados em 3 níveis distintos de grau de impacto, ficando 5 elementos com grau de impacto alto, 7 com grau médio e 8 com grau de impacto baixo.

Assim sendo, o modelo proposto nesse trabalho orientou pela implantação de um sistema de gestão em ondas, dispostas da seguinte forma: 1ª Onda (Curto Prazo): no 1º ano, implantação/adequação na instalação dos elementos de segurança de processo classificados com grau de impacto alto; 2ª Onda (Médio Prazo): no 2º e 3º ano, implantação/adequação na instalação dos elementos de segurança de processo classificados com grau de impacto médio; e 3ª Onda (Longo Prazo): no 4º e 5º ano,

implantação/adequação na instalação dos elementos de segurança de processo classificados com grau de impacto baixo pela matriz GUT/SWOT.

Buscando uma orientação mais efetiva, o tópico final desse artigo indicou atividades de trabalho relacionadas aos elementos de gestão de segurança de processo da primeira onda de implantação, reforçando que para todo elemento implementado seja definido indicador de desempenho, o qual deve ser constantemente acompanhamento pelas lideranças.

Ressalta-se, por fim, que o presente trabalho não tem a pretensão de definir um modelo pronto de implantação de sistema de gestão de segurança na indústria do etanol combustível, que qualquer iniciativa de adequação ou implantação de um sistema de gestão de segurança de processo nos moldes do CCPS se configura em um projeto complexo, e que a implantação do sistema é apenas o início do processo, dependendo sua efetividade da adequada execução no dia a dia, em um processo cíclico e virtuoso de melhoria contínua.

Palavras-chave: *Etanol combustível, segurança de processo baseada em risco (RBPS), implantação de sistema de gerenciamento de segurança, matriz SWOT e GUT, ondas de implantação.*

ABSTRACT

This article is dedicated to the fuel ethanol industry, with the objective of proposing a model for the implementation of a safety management system applicable to this industry, based on the risk-based process safety approach (RBPS), and proposed by the CCPS – Center for Chemical Process Safety. This paper also sought information to strengthen the perception that there is currently no well-established process safety culture in the sector. Besides all this, the importance of the industry in the national scenario, the perspective of growth for the next years, the gains for safety and the existence of a specific sectorial regulation of this sector in Brazil, also motivated the development of this work.

Regarding the assessment of the process safety culture, information was obtained from an online form and from a survey of accidents reported to the regulatory sector. These analyzes led to the conclusion that part of the fuel ethanol production sector does not have an adequate level of process safety culture in view of the existing risks.

Primary basis of the RBPS approach, a risk analysis of the process was carried out applying the RPA technique. The results showed that the greatest risks to process safety existing in a typical fuel ethanol production facility are in the fermentation, distillation, dehydration and storage stages, which are, therefore, the areas that should be prioritized in terms of resources to security management systems.

Starting from the premise presented in the RBPS approach that each installation, company or organization must define the most appropriate way for the effective implementation of a process safety management system, taking into account the risks mapped, the resources available in face of the demands and the current safety culture, two management prioritization tools were used together, the SWOT and GUT matrices. As a result, the 20 risk-based process safety elements were classified and grouped into 3 distinct levels of impact degree, leaving 5 elements with a high degree of impact, 7 with a medium degree and 8 with a low degree of impact.

Therefore, the model proposed in this work was guided by the implementation of a management system in waves, arranged as follows: 1st Wave (Short Term): in the 1st year,

implementation/adequacy in the installation of process safety elements classified with a degree of high impact; 2nd Wave (Medium Term): in the 2nd and 3rd year, implementation/adequacy in the installation of process safety elements classified with a medium impact degree; and 3rd Wave (Long Term): in the 4th and 5th year, implementation/adequacy in the installation of process safety elements classified with a low impact degree by the GUT/SWOT matrix.

Seeking a more effective orientation, the final topic of this article indicated work activities related to the elements of process safety management of the first implementation wave, reinforcing that for every implemented element a performance indicator shall be defined and constantly monitored by the leaders.

Finally, it should be noted that the present work does not intend to define a steady model for the implementation of a safety management system in the fuel ethanol industry, that any initiative to adapt or implement a process safety management system along the lines of the CCPS, it is a complex project, and that the implementation of the system is just the beginning of the process, its effectiveness depending on the adequate execution on a daily basis, in a cyclical and virtuous process of continuous improvement.

Keywords: *fuel ethanol, risk-based process safety (RBPS); safety management system implementation, SWOT and GUT matrices, implementation waves.*

1. INTRODUÇÃO

Situações perigosas fazem parte do nosso cotidiano. Em determinadas condições essas situações podem resultar em eventos acidentais, com a possibilidade de lesões e de perdas humanas, materiais, ambientais, entre outras. A probabilidade dessas situações juntamente com as potenciais consequências nos dão a noção do que chamamos de risco, isto é, quanto mais frequentes e maiores as possíveis consequências dessas situações, maiores são os riscos associados a elas.

Apesar de esse ser um conceito de ampla aplicação, historicamente sempre teve maior atenção e rigor de tratamento nos ambientes de trabalho, claramente por imposições legais, mas também pelo fato de que nesses ambientes o risco se apresenta com maior frequência e severidade. Nesse contexto de atenção aos riscos nos ambientes de trabalho, o setor industrial sabidamente possui maior relevância, tendo em vista que os riscos relacionados às atividades desenvolvidas podem apresentar níveis considerados intoleráveis quando devidamente analisados.

É fato que os riscos são distintos entre as diversas indústrias. Porém, em um cenário ideal, todas deveriam ter um nível de tratamento sobre os riscos equivalente às suas magnitudes (frequência e severidade). No entanto, fato é também que isso não ocorre atualmente na prática, por diversas razões que não serão aqui abordadas.

Obviamente que desde os primórdios da indústria existem atenções voltadas a questões relacionadas a perigos, riscos, acidentes, lesões, impactos a pessoas, meio ambiente, patrimônio, produção etc. Ao longo dos anos isso levou à criação de padrões, normas e legislações relacionadas aos referidos temas. No entanto, notadamente, somente após a ocorrência de grandes e recorrentes acidentes é que o tema de segurança passou a ter de fato uma atenção mais adequada.

Especificamente no que diz respeito à indústria química e de processo, o acidente ocorrido em 1984 na cidade de Bhopal, na Índia, em uma fábrica de pesticidas da Union Carbide, com fatalidades imediatas de cerca de 3.800 pessoas, dezenas de milhares feridas e outras milhares de fatalidades posteriores em decorrência da inalação dos gases tóxicos, foi um divisor de águas para as questões de segurança de processo. (CSB, 2014).

Como um dos resultados do acidente de Bhopal, em 1985, a AIChE – *American Institute of Chemical Engineers* (Instituto Americano de Engenheiros Químicos), criou o CCPS – *Center for Chemical Process Safety* (Centro para Segurança de Processos

Químicos), o qual é hoje a principal referência nas questões de segurança de processo e de prevenção de perdas e grandes acidentes industriais (AIChE, 2022).

O CCPS, em 2007, após anos de estudos, publicações e intensa interação com a indústria, percebendo a necessidade de modernização dos modelos existentes aplicados à gestão de segurança de processo, formalizou em livro uma nova abordagem de segurança denominada “Segurança de Processo Baseada em Risco” (em inglês RBPS – *Risk Based Process Safety*), a qual é tida hoje como uma das principais metodologias para definição de sistemas de gestão de segurança nas indústrias de processo (AIChE, 2022).

Essa abordagem tem seu principal fundamento calcado no fato de que nem todos os riscos e perigos são iguais, sustentando assim que os recursos sejam alocados proporcionalmente às magnitudes dos riscos percebidos. Em linhas gerais, o modelo está estruturado em 4 grandes pilares (1 – Comprometimento com a Segurança; 2 – Compreensão dos Perigos e Riscos; 3 – Gerenciamento dos Riscos; e 4 – Aprendizado com a Experiência), os quais agrupam 20 elementos relacionados aos mais diversos aspectos necessários para uma gestão efetiva de segurança de processo.

Dentro desse contexto, o presente artigo pretende dedicar especial atenção à uma das mais relevantes indústrias do País, a indústria sucroalcooleira, com foco na etapa relativa à produção do etanol combustível, tendo em vista que essa etapa possui uma regulação setorial específica no Brasil, exercida pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Na prática isso significa que a indústria do etanol combustível atrai regras específicas e de cumprimento compulsório, incluindo regras de segurança, não aplicáveis, por exemplo, a indústria do açúcar, apesar de muitas vezes ambas estarem integradas no mesmo *site* industrial.

O objetivo principal do trabalho é definir um modelo de implantação de um sistema de gerenciamento de segurança de processo aplicável à indústria do etanol combustível, tomando por base a abordagem RBPS do CCPS e partindo da percepção de que grande parte desse setor ainda não possui uma adequada cultura de segurança de processo frente aos riscos existentes.

A abordagem em questão estabelece que ao considerar os riscos mapeados, os recursos disponíveis frente às demandas e a cultura de segurança atual, a empresa pode definir uma estratégia de implantação de um sistema formal de gerenciamento de segurança de processo, podendo esse ser inicialmente para parte do processo e de seu ciclo de vida, com apenas alguns elementos do sistema RBPS priorizados, e

posteriormente seguir migrando, em uma visão de melhoria contínua, para as demais partes do processo e de seu ciclo de vida, incorporando ainda novos elementos do sistema RBPS, no todo até aquele momento ou mesmo em partes específicas. (CCPS, 2014).

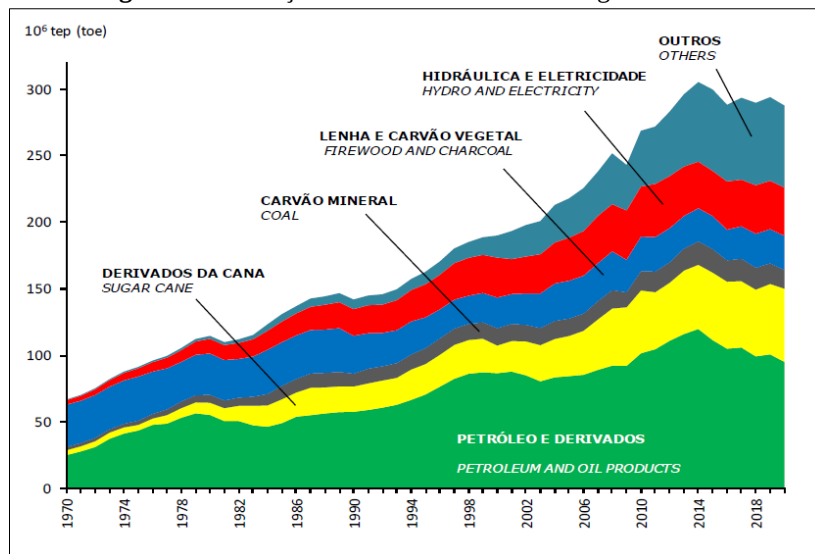
Isto posto, ante o objetivo estabelecido, a modelagem e metodologia proposta compreende: (i) a aplicação de uma análise de riscos conceitual sobre o processo de produção de etanol combustível, como base primária da abordagem RBPS e direcionadora dos esforços da gestão de segurança de processo baseada em risco; (ii) a classificação/hierarquização, sob o conceito de risco-benefício ao setor, dos 20 elementos do sistema RBPS, utilizando-se de ferramentas gerenciais de priorização: Matriz GUT (Gravidade – Urgência – Tendência) combinada com a Matriz SWOT (*Strengths – Weaknesses – Opportunities – Threats*), que traduzindo e adaptando fica: Forças e Fraquezas Internas e Oportunidades e Ameaças Externas; e (iii) a proposição, então, com base nos itens anteriores, de um modelo de implantação de um sistema de gerenciamento de segurança de processo aplicável à indústria do etanol combustível.

2. A IMPORTÂNCIA DA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA

O Brasil é um país mundialmente conhecido pela diversidade da sua matriz energética e relevância que as fontes de energias renováveis possuem dentro dela. Em 2020, pelo Balanço Energético Nacional 2021, publicado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), as fontes renováveis representaram 48,4% da oferta interna de energia, frente à uma média mundial em 2019 de 14,1% (EPE, 2021; IEA, 2021).

Essa parcela de energias renováveis está representada pelas seguintes fontes e percentuais: hidráulica (12,6%), lenha e carvão vegetal (8,9%), derivados da cana (19,1%), eólica (1,7%), solar (0,3%) e outras energias renováveis (5,7%), onde está inclusa a parcela de participação do biodiesel. A Figura 1 mostra a evolução, de 1970 a 2020, da oferta interna de energia, de onde é possível notar claramente o expressivo aumento ao longo dos anos da participação dos derivados da cana e de outras fontes energéticas.

Figura 1 – Evolução da Oferta Interna de Energia no Brasil.



Fonte: EPE, 2021.

Considerando as metas de descarbonização assumidas pelo Brasil, cuja materialização mais recente se deu em 2021 na 26ª Conferência das Partes (COP26) de Glasgow, de redução de 50% das emissões dos gases associados ao efeito estufa até 2030 e da neutralização das emissões de carbono até 2050, a tendência é que o aumento da participação das energias renováveis se torne ainda mais expressivo nos próximos anos, tendo, possivelmente, como principal vetor, os derivados da cana, notadamente o etanol combustível. Nesse contexto, cabe ressaltar ainda a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), instituída por meio da Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, que já vem apresentando importante função indutora ao incremento da participação desses energéticos na matriz brasileira.

O etanol combustível, conforme definição da ANP, dada pela Resolução ANP nº 19, de 15 de abril de 2015, é um biocombustível proveniente do processo fermentativo de biomassa renovável, destinado ao uso em motores a combustão interna, e possui como principal componente o etanol, o qual é especificado sob as formas de Etanol Anidro Combustível e Etanol Hidratado Combustível. Em 2021, a cana de açúcar representou 93,7% da referida biomassa renovável (ANP, 2022a).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana de açúcar e a indústria nacional remonta ao início do século XVI, com a instalação de engenhos de açúcar no nordeste brasileiro. Naquela época, o principal produto de interesse derivado da cana era o açúcar, ficando o álcool restrito aos alambiques produtores de cachaça. Nesse contexto, com a utilidade de combustível, o álcool só passou a ser visto como opção a partir do

desenvolvimento dos motores de combustão interna durante o processo da Revolução Industrial no século XVIII. Em 1908, o carro Ford T, desenvolvido e lançado por Henry Ford, considerado o primeiro fabricante em massa de automóveis, podia ser movido por gasolina, querosene ou álcool/etanol (UNICA, 2022).

Durante o século XX, com o passar dos anos, alguns marcos foram fundamentais para o desenvolvimento da indústria do etanol combustível: (i) em 1931, o Decreto nº 19.717 estabeleceu a mistura obrigatória de 5% de etanol anidro na gasolina importada; (ii) em 1975, o Decreto nº 76.593 instituiu o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), com incentivos à produção de etanol combustível e também como resposta à primeira crise de preços do petróleo de 1973; e (iii) em 2003, com a chegada ao mercado automotivo do carro *flex*, movido com qualquer grau de mistura de gasolina e etanol (UNICA, 2022).

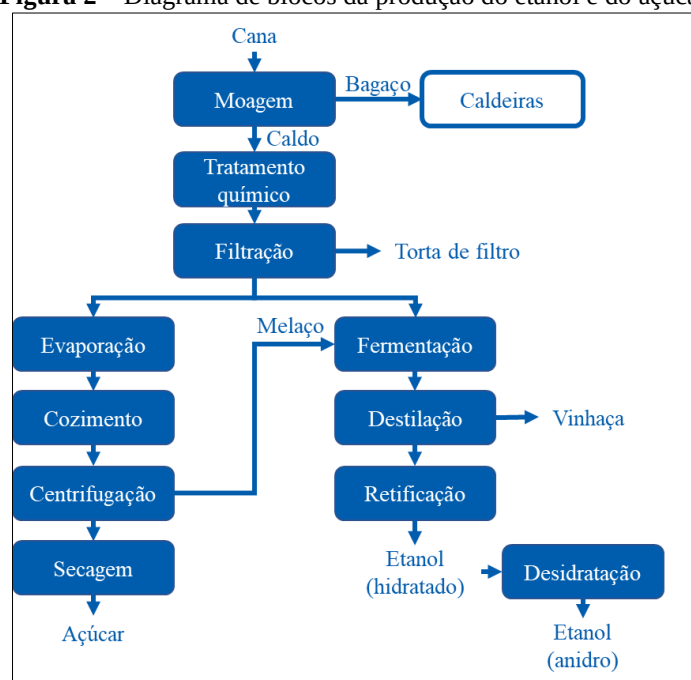
Toda essa importância no cenário nacional da indústria do etanol combustível também está refletida em números: (i) valor de produção em 2019 de R\$ 98,4 bilhões (incluindo açúcar), representando metade da indústria dos derivados de petróleo; (ii) geração de emprego, renda e desenvolvimento em cerca de 30% dos municípios brasileiros; e (iii) 357 instalações produtoras autorizadas pela ANP, em 23 estados brasileiros, com 57 projetos de ampliação e 22 de novas instalações em andamento (IBGE, 2019; UNICA, 2022; ANP, 2022b).

3. O PROCESSO PRODUTIVO A PARTIR DA CANA DE AÇÚCAR

O etanol, mediante rotas biológicas, pode ser produzido com base em qualquer biomassa que contenha quantidades significativas de amido (ex.: milho e trigo) ou açúcares (ex.: cana de açúcar e beterraba). No Brasil, como já destacado acima, prevalece a produção de etanol utilizando-se como matéria-prima a cana de açúcar, motivo pelo qual esta será a rota de produção foco do presente estudo.

O processo produtivo típico de etanol a partir da cana-de-açúcar pode ser dividido em cinco principais etapas: (1) Tratamento da matéria-prima; (2) Obtenção do substrato para fermentação; (3) Fermentação; (4) Destilação; e (5) Armazenamento e expedição; há ainda a Cogeração, etapa adjacente fundamental para o funcionamento da instalação. A Figura 2 apresenta um diagrama da produção de etanol e açúcar a partir da cana.

Figura 2 – Diagrama de blocos da produção do etanol e do açúcar.



Fonte: BNDES, 2008 (Adaptado).

A primeira etapa de processamento é composta predominantemente pelo tratamento da matéria-prima, começando pela moagem da cana, de onde se obtém o caldo e o bagaço, a uma quantidade de 240 kg a 280 kg por tonelada de cana moída. O bagaço segue para as caldeiras como combustível (cogeração), visando obtenção de energia e vapor para consumo da própria instalação. Já o caldo, com uma eficiência de extração de sacarose entre 94,0 e 97,5%, segue para as etapas de tratamento químico, filtração, fermentação e destilação (NOVACANA, 2022).

O caldo extraído da moagem é então purificado, através de operações unitárias de decantação, clarificação e esterilização para eliminação de impurezas, compostos nitrogenados indesejáveis e de microrganismos (LIMA; MARCONDES, 2002). Após a fase de tratamento, o caldo pode ser resfriado e seguir diretamente para o preparo da fermentação ou seguir para as etapas de produção de açúcar (evaporação, cozimento, cristalização, centrifugação e secagem).

Seguindo no fluxo da produção de etanol, em dornas de fermentação é acrescentado ao caldo fermento com leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*). Após horas de fermentação, obtém-se o denominado “vinho”, composto de leveduras, açúcares não fermentados, gás carbônico e etanol (aproximadamente 10% em volume), que segue para a próxima etapa. Na destilação ocorre a separação, por diferença de pontos de ebulição, do etanol até um teor de 96 °GL (chamado de etanol hidratado). Esse, então, poderá seguir

para a etapa de desidratação para obtenção do etanol anidro (a 99,6 °GL, isto é, 99,6% de álcool e 0,4% de água) (MENEGUETTI *et al*, 2010). Por fim, o etanol hidratado e o etanol anidro seguem para os tanques de armazenamento, para posterior comercialização e expedição.

4. METODOLOGIAS APLICADAS

Nesta seção estão apresentados os procedimentos e as metodologias utilizadas como ferramentas para o desenvolvimento do trabalho, cujos resultados e análises serão apresentados no capítulo seguinte.

Avaliação da Cultura de Segurança

Conforme apresentado na introdução, uma das principais motivações para a proposição de um modelo de implantação de um sistema de gerenciamento de segurança de processo aplicável à indústria do etanol combustível, tomando por base a abordagem RBPS do CCPS, está na percepção de que grande parte do setor ainda não possui uma adequada cultura de segurança de processo frente aos riscos existentes.

Assim sendo, de modo a fundamentar com dados e informações essa percepção, duas abordagens foram empreendidas.

Na primeira, um formulário online foi desenvolvido, composto por um conjunto específico e objetivo de perguntas e respostas relacionadas à segurança de processo (ver Apêndice A). Esse formulário foi então divulgado em redes sociais e enviado por *e-mail* para empresas produtoras de etanol combustível.

Na segunda, por meio do Sistema de Informações ao Cidadão do Governo Federal (SIC), foram solicitadas à ANP informações de incidentes na indústria do etanol combustível e do refino de petróleo desde o ano 2000, para comparação e outras análises. É possível tal solicitação considerando a obrigação de comunicação ao órgão prevista na Resolução ANP nº 44, de 22 de dezembro de 2009, conforme documento comprobatório do pedido constante do Apêndice B.

Análise Preliminar de Riscos – APR

Base da abordagem de Segurança de Processo baseada em Risco (RBPS), o conhecimento dos perigos e riscos do processo é uma das primeiras etapas para o desenvolvimento dessa metodologia.

Esse conhecimento irá direcionar os recursos e os esforços às etapas e partes do processo em que os riscos se mostram mais significativos, fazendo com que as ocorrências de perdas e acidentes graves sejam minimizadas.

Nesse contexto, o caminho natural é o desenvolvimento de análises de riscos do processo produtivo, utilizando-se de uma ou mais técnicas conhecidas. Assim sendo, considerando a aplicação em questão, o conhecimento do processo e a documentação disponível, optou-se pela técnica de Análise Preliminar de Riscos, ou APR, como é mais conhecida.

De acordo com Naegeli (2022) a APR é uma das técnicas mais consagradas e utilizadas atualmente pela indústria de processo, não só pela simplicidade de desenvolvimento, mas também por poder ser aplicada a partir de um conjunto mais básico de documentação, com quantidade limitada de detalhes e informações. Cabe destacar que dentro da segurança de processo os cenários perigosos de uma APR concentram-se em eventos de perda de contenção primária de produtos perigosos.

Basicamente a metodologia consiste em levantar os cenários perigosos do processo, dividindo-o em etapas para facilitar e organizar a análise, identificando na sequência as causas e consequências dos eventos. Posteriormente, as barreiras de segurança (preventivas e mitigadoras) existentes para o cenário em questão são listadas, ressaltando que no caso de uma APR com foco em segurança de processo as salvaguardas serão basicamente mitigadoras, considerando que o cenário perigoso já contempla a perda de contenção primária (NAEGELI, 2022).

Por fim, a partir da chamada matriz de risco da empresa, é feita a classificação do risco do cenário como um todo em termos de frequência de ocorrência e severidade das consequências, normalmente sob os aspectos de impactos a pessoas, patrimônio, meio ambiente e imagem da empresa. Os riscos, então, são classificados em tolerável, moderado e intolerável, sendo que nesse último caso obrigatoriamente haverá uma ou mais recomendações de implementação para redução do risco, e no cenário moderado somente se as recomendações estiverem dentro de uma razoabilidade de ser implementada/praticada (conceito *ALARP – As Low As Reasonably Practicable*, que em português significa: tão baixo quanto razoavelmente praticável).

A Figura 3 apresenta a tabela modelo de APR, reproduzindo parte da análise realizada e descrita no tópico seguinte. No Anexo 1 encontra-se a matriz de risco utilizada no trabalho, reproduzida da Norma Petrobras N-2782 (Revisão D – 08/2015).

Figura 3 – Modelo de APR (extrato da análise realizada).

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS (APR)																	
Empreendimento:		PLANTA TÍPICA DE PRODUÇÃO DE ETANOL COMBUSTÍVEL										Revisão: 0		Data:		25/06/2022	
Sistema/Subsistema:		5		Destilação										Documentos:			
Trecho:		Desde:										Fluxograma de Processo - Açúcar e Alcool					
		- Caixa de vinho															
		Passando por:															
		- Colunas de destilação															
		- Condensadores															
		- Referenciadores															
		Até:															
		- Bomba de transferência para desidratação															
Cenário Perigoso		Possíveis Causas	Possíveis Consequências	Detecção (D) / Salvaguada Mitigadora (SM) / Salvaguada Preventiva (SP)		++	Freq.	Pessoal		Instalação		M. Amb.		Imagem		Recomendações (R) e Observação (OB)	Cenário
								S	R	S	R	S	R	S	R		
								S	R	S	R	S	R	S	R		
Pequena liberação de líquidos inflamáveis (etanol combustível)		Vazamento em conexões, flanges, válvulas, tomadas de instrumento, tubulações e equipamentos.	- Incêndio em poça - Incêndio em nuvem - Incêndio em jato	- Visual (D) - Sistema de combate a incêndio (SM) - Sistema de drenagem de área classificada (SM)	S	D	II	M	II	M	I	T	II	M	OB01 - Considera-se presença de operador na área, por isso a detecção visual foi considerada.	5.1	
																	C

Fonte: Elaboração própria, 2022.

Gestão de Segurança de Processo baseada em Risco – Uma Visão Geral dos 20 Elementos do Sistema RBPS

A gestão de segurança de processo é amplamente reconhecida como responsável pela redução do risco de acidentes graves e pelo processo de melhoria do desempenho da indústria. As práticas de segurança de processo e os sistemas formais de gestão de segurança estão em vigor em algumas empresas há muitos anos. As determinações governamentais para os sistemas formais de gestão de segurança de processo na Europa, nos Estados Unidos, e em outros lugares, como o próprio Brasil, disseminaram a implantação de uma abordagem de sistemas de gestão para a gestão de segurança de processo (CCPS, 2014).

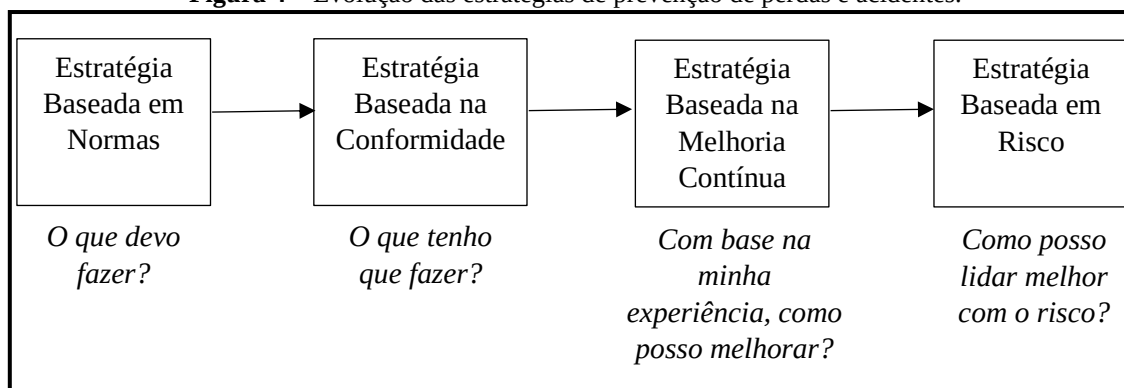
Mas, afinal, nesse contexto, o que significa um sistema formal de gestão? A definição apresentada na própria metodologia do CCPS é a seguinte: “Um conjunto de atividades estabelecido e documentado formalmente para produzir resultados específicos de maneira consistente, de forma sustentável (CCPS, 2014, pg. 12).”

Complementando, ainda, que essas atividades devem ser definidas em detalhes suficientes para que os trabalhadores realizem as tarefas necessárias de forma confiável. Ou seja, um sistema formal de gestão não significa necessariamente a utilização de ferramentas tecnológicas, de programas computacionais ou de *softwares*. Assim, a empresa pode implementar controles mais simples em termos de gestão, desde que sejam

formais, documentados e produzam resultados específicos, de maneira consistente e sustentável.

As abordagens estratégicas utilizadas pelas indústrias de processo visando a prevenção de perdas e acidentes evoluiu ao longo dos anos, conforme Figura 4 (CCPS, 2014). Um sistema efetivo de gestão de segurança de processo será composto por uma combinação dessas estratégias, definida de maneira criteriosa e inteligente. Ou seja, em determinados aspectos as abordagens antecedentes à estratégia baseada em risco podem ter um peso mais significativo.

Figura 4 – Evolução das estratégias de prevenção de perdas e acidentes.



Fonte: CCPS, 2014.

A estratégia baseada em risco para a gestão de segurança de processo, tida como a última evolução, é fruto de um conjunto de fatores técnicos, como a análise do risco para alocação de esforços e recursos, mas também é fruto de fatores econômicos e de desempenho, já que em um mundo cada vez mais globalizado e competitivo as pressões por eficiência e otimização tem se tornado cada vez maiores, isto é, as empresas estão precisando a cada dia fazer mais com menos recursos.

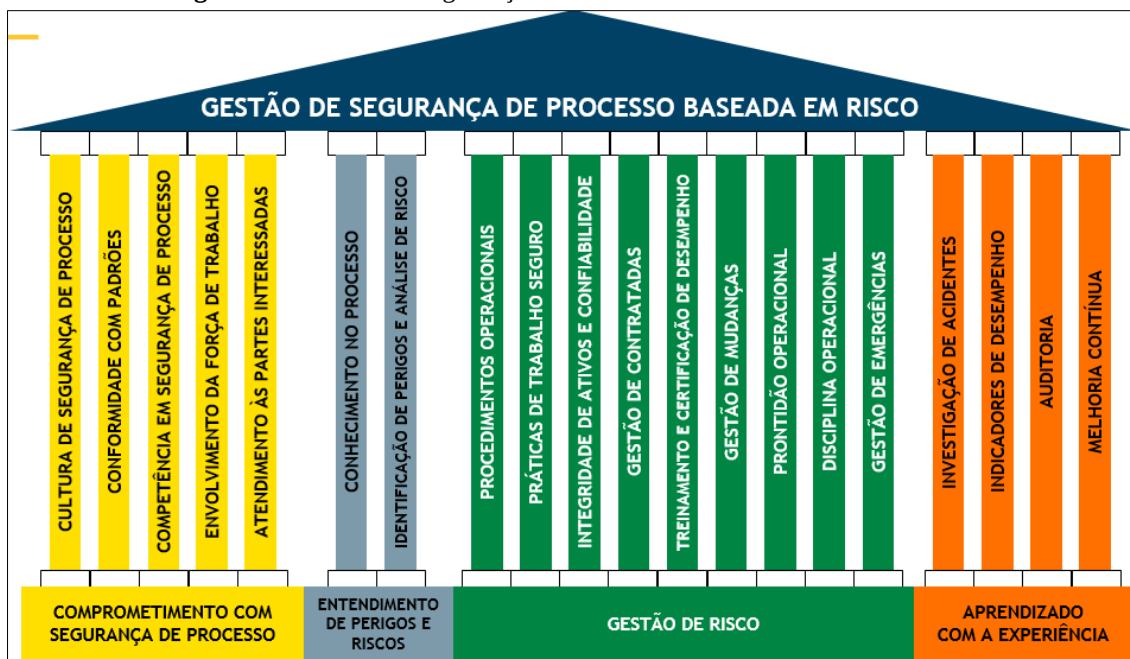
A abordagem de segurança de processo baseada em risco (RBPS) reconhece que nem todos os riscos e perigos são iguais e, conseqüentemente, concentra mais recursos em riscos e perigos maiores. A ênfase principal da abordagem de RBPS é a de empregar apenas energia suficiente em cada atividade para atender antecipadamente às necessidades para a atividade. Dessa forma, uma quantidade limitada de recursos da empresa pode ser alocada da forma devida para melhorar tanto o desempenho de segurança da instalação quanto o desempenho do negócio como um todo (CCPS, 2014).

Assim, três são os fatores que compõem uma análise da segurança de processo baseada em risco: (i) compreensão dos riscos e perigos das instalações e suas operações; (ii) compreensão da demanda das atividades de segurança de processo e os recursos

usados nessas atividades; e (iii) compreensão de como as atividades de segurança de processo são influenciadas pela cultura de segurança de processo na empresa (CCPS, 2014).

A RBPS é suportada por 4 grandes pilares que agrupam 20 elementos relacionados aos mais diversos aspectos de segurança necessários para uma gestão efetiva de riscos do projeto e do processo como um todo, conforme Figura 5.

Figura 5 – Modelo de Segurança de Processo baseado em Risco do CCPS.



Fonte: CCPS, 2014.

Na metodologia esses elementos são desdobrados em níveis de detalhamento, chegando ao nível das atividades de trabalho possíveis e tarefas a serem executadas, com opções de implantação associadas, exatamente em linha com a definição apresentada acima para sistema formal de gestão. Os níveis, do macro para o micro, são os seguintes: (i) pilares; (ii) elementos; (iii) princípios fundamentais; (iv) características essenciais; (v) atividades de trabalho; e (vi) opções de implantação. Além disso, a metodologia propõe, ainda, para cada elemento, métricas de controle e análises de gestão, como partes fundamentais da garantia de efetividade do modelo, pois, afinal, o que não é bem medido não pode ser bem controlado, bem analisado e adequadamente aprimorado.

O espectro de aplicação desses níveis pode ser variado. Ou seja, uma instalação de baixa periculosidade pode centrar a definição do seu modelo de gestão apenas nos 4 pilares básicos da metodologia, enquanto uma instalação complexa e com riscos de

acidentes de grandes proporções precisará estabelecer níveis de detalhamento maiores e mais rigorosos.

Uma explanação abrangente de todos os níveis de detalhamento da abordagem RBPS com certeza demandaria grande esforço e o trabalho em questão tomaria proporções inadequadas. Nesse contexto, buscando cumprir os objetivos estabelecidos, apresenta-se na sequência um breve descritivo dos 4 pilares da metodologia.

As atividades de trabalho e opções de implementação serão utilizadas diretamente do livro fonte (*Diretrizes para Segurança de Processo baseada em Risco*, CCPS, 2014) como guias para a última etapa de modelagem da implantação de um sistema de gerenciamento de segurança de processo na indústria do etanol combustível.

O primeiro pilar, do comprometimento autêntico com a segurança de processo, é o alicerce da excelência em segurança de processo, que deve permear a organização do topo para a base, da mais alta gestão até os setores operacionais. É preciso existir clareza em todas as camadas hierárquicas da empresa de que a segurança é um valor essencial, e todos devem buscar constantemente fazer as coisas certas, do jeito e na hora certa, mesmo quando ninguém estiver olhando (CCPS, 2014).

Já o segundo pilar, da adequada compreensão dos perigos e riscos, é a base da metodologia, pois é a partir dele que as organizações passam a ter melhores condições de direcionar esforços e recursos, normalmente limitados, para os pontos mais relevantes do processo. Uma empresa que não compreende corretamente os perigos e riscos existentes em seus processos não tem condições de gerenciá-los de maneira efetiva, ponto tratado exatamente no pilar seguinte, que é o do gerenciamento dos riscos (CCPS, 2014).

A gestão dos perigos e riscos é o dia a dia da empresa e o que garante uma operação segura a longo prazo, podendo ser guiado por três questões centrais: (i) operar e manter com atenção os processos que apresentam riscos relevantes; (ii) gerenciar adequadamente as mudanças que ocorrem rotineiramente na instalação, de modo a sempre avaliar e garantir que os “novos riscos” permaneçam conhecidos, controlados e toleráveis; e (iii) estar preparado para responder e gerenciar os incidentes que ocorram (CCPS, 2014).

Por fim, o pilar da aprendizagem com a experiência, interna e externa, no caso de acidentes, e interna, no caso de indicadores, métricas, auditorias e melhoria contínua, a qual, olhando para o alicerce da cultura de segurança na ponta oposta fecha uma robusta

metodologia de análise e implementação de sistema de gestão de segurança aplicável a qualquer organização.

Com relação aos 20 elementos de segurança de processo, que estão apoiados nos 4 pilares recém descritos, o supramencionado livro base traz para cada elemento um resumo inicial contendo os seguintes tópicos: o que é, por que é importante, onde e quando é feito, qual o resultado esperado, quem faz e como é feito. Assim, tomando por base esse resumo inicial, no Apêndice C estão apresentadas breves explicações dos referidos elementos.

Matrizes GUT e SWOT

A implantação de um sistema de gerenciamento de segurança de processo nos moldes da abordagem RBPS do CCPS não tende a ser uma tarefa trivial. A complexidade do trabalho, a quantidade de informações e detalhes torna uma implantação completa em curto espaço de tempo praticamente inexecutável. Por isso, uma estratégia apropriada nesses casos é uma implantação em etapas, priorizando as atividades em termos de risco-benefício, permitindo assim uma execução de curto, médio e longo prazo, por exemplo.

Dessa forma, a aplicação de ferramentas de gestão para classificação/priorização das atividades, bem como para o estabelecimento de um plano de ação, se mostra de relevante utilidade. Nesse contexto, optou-se por utilizar a matriz GUT, juntamente com a matriz SWOT, visando a hierarquização dos elementos de segurança de processo baseada em risco.

A matriz GUT propõe uma análise das questões em cinco níveis sob os aspectos de gravidade, urgência e tendência (KEPNER; TREGOE, 1981). Para os fins propostos no presente trabalho deve-se pensar isoladamente da seguinte forma para cada um dos aspectos:

- Gravidade (“impacto do problema”): qual é o impacto do elemento de gestão em termos de risco-benefício para a segurança de processo? Qual o impacto negativo da ausência ou deficiência do elemento de gestão?
- Urgência (“tempo para solução do problema”): qual é o tempo disponível e/ou aceitável para implementação do elemento de gestão? Pode esperar ou não? Influencia na implementação de outros elementos do sistema?
- Tendência (“probabilidade do problema piorar”): qual é o potencial de escalonamento da não implementação do elemento de gestão em termos de segurança de processo? O problema piora aos poucos ou bruscamente?

Assim, resumidamente, em formato de tabela tem-se:

Tabela 1 – Matriz GUT.

Nível	Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)	G x U x T
5	Extremamente grave	Precisa de ação imediata	Piora rapidamente	125
4	Muito grave	É urgente	Piora em pouco tempo	64
3	Grave	O mais rápido possível	Piora no médio prazo	27
2	Pouco grave	Pouco urgente	Piora no longo prazo	8
1	Sem gravidade	Pode esperar	Não	1

Fonte: Elaboração própria, 2022.

As pontuações para cada um dos aspectos são então multiplicadas e classificadas da maior para a menor, definindo, assim, no contexto da presente análise, a importância do elemento de gestão de segurança de processo baseado em risco.

Porém, para uma avaliação mais específica pela matriz GUT, dos elementos de segurança de processo frente ao setor de etanol combustível, cabe fazer anteriormente as análises propostas pela matriz SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats*).

Segundo Rodrigues *et al* (2005), criada por Kenneth Andrews e Roland Cristensen, nessa metodologia são levantadas informações específicas dentro do escopo em questão sob os 4 aspectos apresentados a seguir. Para o caso em tela definiu-se o escopo como sendo o setor produtivo de etanol combustível como um todo.

- Forças internas (*Strengths*): itens de bom desempenho do setor. Pontos positivos internos (endógenos). Diferenciais positivos em relação a outros setores. O que fazemos bem?
- Fraquezas internas (*Weaknesses*): itens de mau desempenho do setor. Pontos negativos internos. O que poderia ser melhorado?
- Oportunidades externas (*Opportunities*): itens externos que exercem pressão positiva sobre o setor. Pontos positivos externos (exógenos). Quais as oportunidades externas podem ser aproveitadas para melhorarmos?
- Ameaças externas (*Threats*): itens externos que exercem pressão negativa sobre o setor. Pontos negativos externos. Áreas que podem causar problemas. Quais as mudanças são motivos de preocupação? Quais as ameaças externas podem gerar problemas?

Dessa forma, ao final, espera-se que uma quantidade suficiente de dados, análises e informações estejam disponíveis à indústria do etanol combustível, visando a definição estratégica de modelo de implantação de um sistema de gerenciamento de segurança de processo baseada em risco.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção estão apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação das metodologias descritas no capítulo anterior, acompanhados das devidas análises.

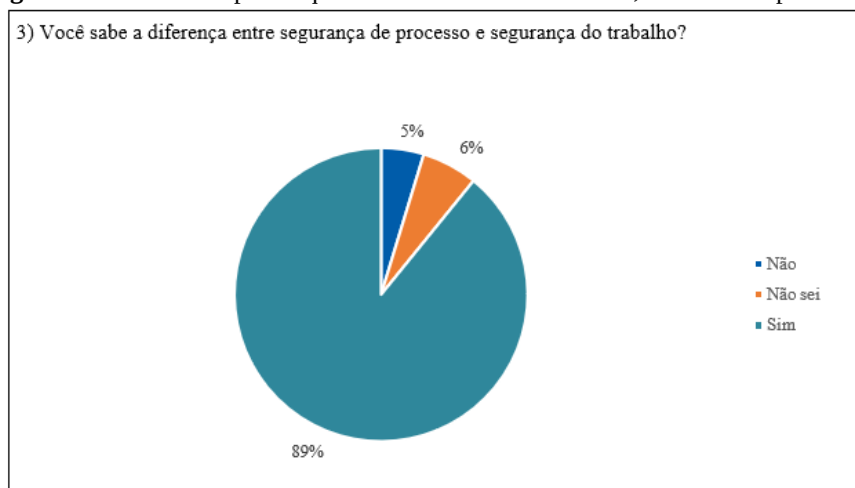
Cultura de Segurança na Indústria do Etanol Combustível

Conforme exposto na introdução, uma das motivações da dedicação desse trabalho à indústria do etanol diz respeito à percepção de que não existe uma adequada cultura de segurança de processo em grande parte do setor frente aos riscos existentes. Assim sendo, de modo a robustecer essa percepção, duas abordagens distintas foram empreendidas, conforme procedimentos descritos no capítulo anterior.

A primeira diz respeito ao formulário online, contendo 10 perguntas relacionadas a questões de segurança de processo (ver Apêndice A). Após divulgação, em um intervalo aproximado de um mês, obteve-se 276 preenchimentos, alcançando uma excelente abrangência, ao se considerar que existem 265 empresas autorizadas a produzir etanol combustível em 357 instalações (ANP, 2022b). Destaca-se que não foi imposta nenhuma restrição no preenchimento do formulário, dado o objetivo almejado, fato que faz com que mais de uma pessoa de uma mesma empresa ou instalação possa ter enviado resposta.

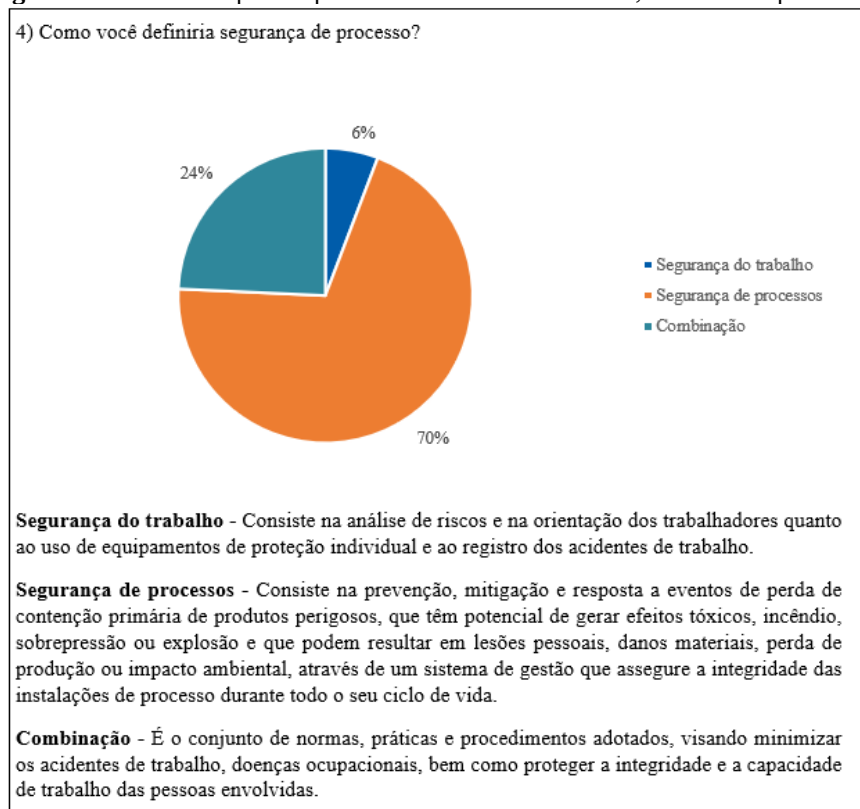
As questões 3 e 4 são as que melhor demonstram essa certa deficiência percebida na cultura de segurança de processo em parte do setor. Dos resultados da questão 3, vale destacar que cerca de 11% responderam não saber a diferença entre segurança de processo e segurança do trabalho, conforme Figura 6. E, na sequência, com a questão 4, a partir de definições simples, 30% dos respondentes não selecionaram a definição adequada para segurança de processo, conforme Figura 7.

Figura 6 – Resultados para a questão 3 do formulário online, conforme Apêndice A.



Fonte: Elaboração própria, 2022.

Figura 7 – Resultados para a questão 4 do formulário online, conforme Apêndice A.



Fonte: Elaboração própria, 2022.

Diante desses resultados, infere-se que o conceito de segurança de processo não está bem sedimentado dentro do setor, pois, apesar de 89% dos entrevistados afirmarem que sabem a diferença entre segurança de processo e segurança do trabalho, somente 70% selecionaram a definição adequada para segurança de processo, ressaltando, ainda, que dentro desse percentual podem estar pessoas que responderam “não” ou “não sei” na questão 3, já que não havia nenhuma vinculação entre as perguntas.

E, mais, ainda que 70% possa ser considerado um valor relativamente elevado, a pesquisa mostrou que 64% dos respondentes estão em cargos hierárquicos superiores da empresa, como gerentes e especialistas, e que, portanto, deveriam possuir algum conhecimento relacionado ao tema. Dentre os colaboradores em níveis hierárquicos inferiores, 20% não souberam apontar corretamente o conceito de segurança de processo.

Das demais questões, cujos resultados agregados estão apresentados no Apêndice D, vale destacar:

- 53% (145 respostas) compreendem empresas de grande porte, com um quadro de funcionários entre 1.001 e 5.000.
- 22% (62 respostas) responderam “não” ou “não sei” para a existência de alguma área ou pessoa responsável pela segurança de processo.

- 42% (115 respostas) apontaram somente a APR como metodologia de análise de risco utilizada pela empresa.
- 26% (72 respostas) colocaram “não” ou “não sei” para a existência de um sistema integrado de gestão de segurança de processo.
- 22% (61 respostas) afirmaram não ter recebido treinamento no plano de resposta à emergência.

Portanto, a partir dessa pesquisa, é possível perceber que existe de fato uma certa deficiência no elemento da cultura de segurança de processo do setor, ainda que os resultados não tenham sido tão expressivos em alguns pontos, o que pode ser explicado em partes pela própria metodologia, a qual permite pesquisa livre do assunto tratado nas perguntas, e também por receio dos respondentes no apontamento de algumas respostas vistas como críticas ou sensíveis para a imagem da empresa.

A segunda abordagem, dentro do contexto de análise da cultura de segurança, se concentrou em avaliar os incidentes comunicados à ANP pelas instalações produtoras de etanol combustível, em cumprimento à obrigação regulatória prevista na Resolução ANP nº 44, de 22 de dezembro de 2009, da qual vale reproduzir aqui o escopo de incidente a ser comunicado, previsto já em seu primeiro artigo:

Art. 1º Fica estabelecido, através da presente Resolução, o procedimento para comunicação de incidentes, a ser adotado pelos concessionários e empresas autorizadas pela ANP a exercer as atividades da indústria do petróleo, do gás natural e dos biocombustíveis, bem como distribuição e revenda.

Parágrafo único. Para os fins desta Resolução e seus anexos ficam estabelecidas as definições a seguir:

I - incidente: qualquer ocorrência, decorrente de fato ou ato intencional ou acidental, envolvendo:

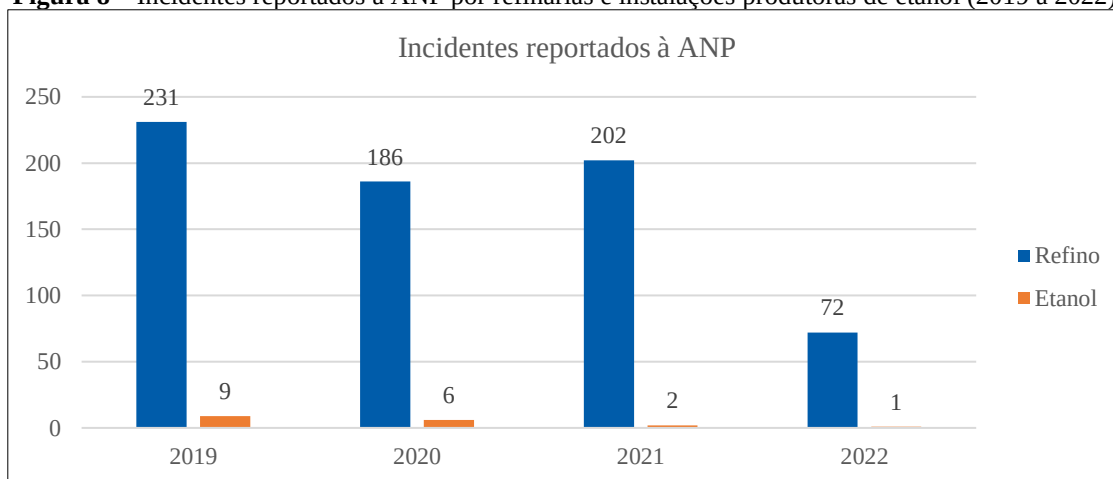
- a) risco de dano ao meio ambiente ou à saúde humana;
- b) dano ao meio ambiente ou à saúde humana;
- c) prejuízos materiais ao patrimônio próprio ou de terceiros;
- d) ocorrência de fatalidades ou ferimentos graves para o pessoal próprio, para terceiros ou para as populações; ou
- e) interrupção não programada das operações por mais de 24 (vinte e quatro) horas.

Destarte, vê-se que a definição da regulação setorial para incidente é bem abrangente, fato esse que antecipa a possibilidade de um número elevado de comunicados de incidentes pelo setor, ao se considerar o universo atual de 357 instalações produtoras de etanol combustível. Nesse contexto, através do Sistema de Informações ao Cidadão do Governo Federal (SIC), foi realizado requerimento de informações à ANP, conforme Apêndice B. Visando uma métrica de comparação, também foram solicitadas informações de incidentes comunicados à Agência pelas instalações de refino de petróleo,

tendo em vista ser esse um setor que reconhecidamente possui avançada cultura de segurança de processo. Em resposta, o órgão regulador encaminhou dados de 2019 a abril de 2022.

Assim, a Figura 8 apresenta a comparação do número de incidentes reportados à ANP nesse período pelos mencionados setores.

Figura 8 – Incidentes reportados à ANP por refinarias e instalações produtoras de etanol (2019 a 2022).



Fonte: Elaboração própria, 2022.

De imediato já é possível observar uma diferença enorme no número de ocorrências reportadas. Foram 691 comunicados de incidentes por parte das refinarias de petróleo frente à somente 18 comunicados por parte dos produtores de etanol combustível, uma relação de 38 vezes entre os números. Isso se torna ainda mais discrepante ao se considerar que 19 instalações de refino de petróleo estavam autorizadas nesse período. Ou seja, há uma relação inversa entre essas indústrias, de poucas instalações e muitos comunicados para o setor de refino de petróleo, e muitas instalações e poucos comunicados de incidentes para o setor de produção de etanol combustível, apesar da obrigação ser exatamente a mesma para ambos.

Obviamente que uma parte da explicação dessa discrepância está na complexidade e na maior quantidade de riscos existentes em uma refinaria de petróleo. Porém, para além desse argumento, certamente essa enorme discrepância está em grande medida na diferença do comprometimento autêntico com questões de segurança que existe entre essas indústrias.

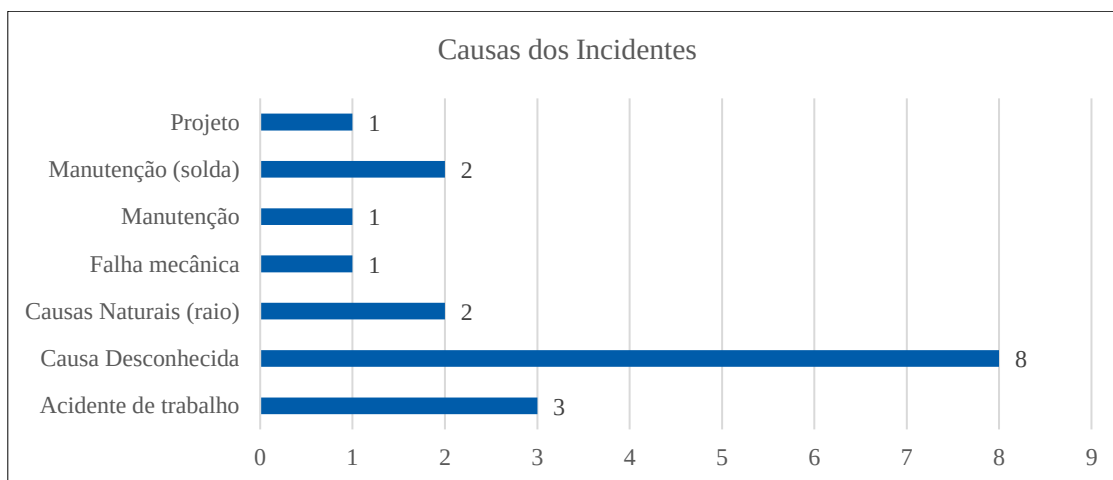
É certo que no fundo também existe um receio da empresa no comunicado de incidente ante à possibilidade de autuação e outras ações pelos órgãos de controle. Mas, esse ponto, ao contrário do anterior, só reforça ainda mais a deficiência da cultura de

segurança de processo do setor ao não considerar os ganhos das análises técnicas que podem ser feitas por esses órgãos, indicando, por exemplo, melhorias em sua gestão de segurança.

Nesse aspecto, por fim, vale ressaltar que a atividade de refino de petróleo no Brasil possui obrigação regulatória para implantação de sistema de gerenciamento de segurança nos moldes do RBPS do CCPS, conforme Resolução ANP nº 5, de 29 de janeiro de 2014, que institui o “*Regime de Segurança Operacional para as Refinarias de Petróleo autorizadas pela ANP*” e aprova o “*Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional para Refinarias de Petróleo*”, conhecido como SGSO do refino. Esse ponto reforça que um setor obrigado a implantar formalmente um sistema de gestão de segurança tende a possuir uma cultura de segurança de processo mais bem estabelecida, como de fato demonstram os números apresentados acima.

Aprofundando a análise das informações dos 18 comunicados de incidentes feitos à ANP pela indústria do etanol combustível, no que diz respeito às causas dos incidentes, obtém-se a distribuição apresentada na Figura 9.

Figura 9 – Causas dos incidentes comunicados à ANP pelos produtores de etanol (2019 a 2022).

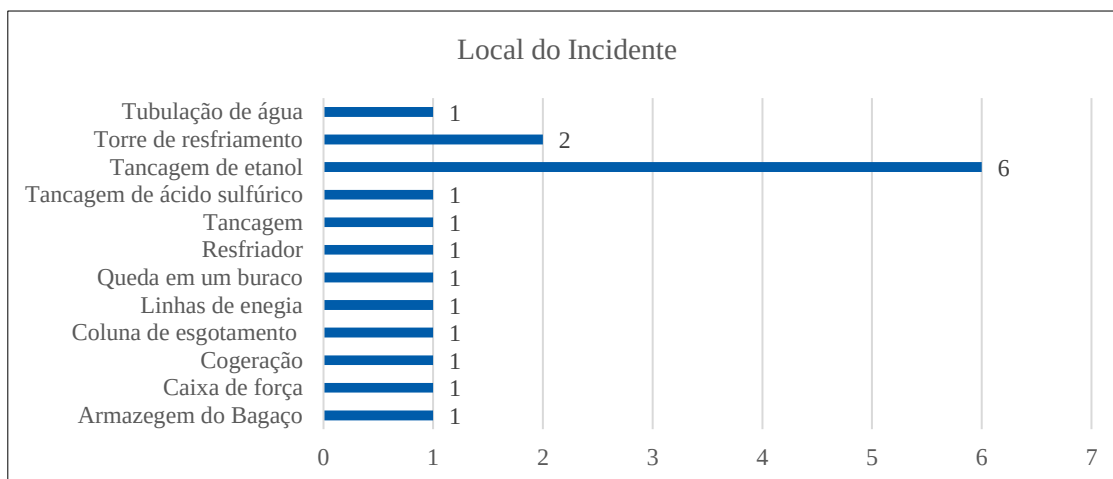


Fonte: Elaboração própria, 2022.

Desse modo, das 18 ocorrências reportadas, 8 delas (44%) não tiveram a causa identificada, em claro desalinhamento com a regulação setorial e em descompasso com qualquer gestão de riscos e incidentes que possa ser considerada de qualidade do ponto de vista da segurança de processo.

O local da instalação com o maior número de incidentes reportados foi a área de armazenamento de etanol (tancagem), responsável por 6 dos 18 incidentes registrados, conforme Figura 10, evidenciando o risco da área de tancagem nessa indústria.

Figura 10 – Áreas dos incidentes comunicados à ANP pelos produtores de etanol (2019 a 2022).



Fonte: Elaboração própria, 2022.

Cabe destacar a importância dessa informação no contexto do presente trabalho, como uma possível direcionadora das atenções, dos esforços e dos recursos disponíveis para questões de segurança de processo.

Ante todo o exposto nesse tópico, considerando as duas abordagens desenvolvidas, os resultados, as considerações e as análises realizadas, foi possível constatar que existe em parte do setor produtivo de etanol combustível um nível inadequado na cultura de segurança de processo.

Os Riscos do Processo de Produção de Etanol Combustível

Conforme exposto nos capítulos anteriores, a identificação de perigos e análise de riscos é a base primária de uma adequada abordagem de segurança de processo baseada em risco, sendo tomada como definidora da alocação efetiva dos esforços e recursos de gestão dos perigos e riscos da instalação, prevenindo e minimizando assim as maiores perdas e os grandes incidentes.

Nesse contexto, como etapa necessária no desenvolvimento do trabalho, foi realizada uma Análise Preliminar de Riscos (APR) do processo produtivo de etanol combustível, utilizando-se do seguinte conjunto de informações: (i) Fluxograma do processo, conforme Anexo 2; (ii) Descritivo do processo, conforme Capítulo 3; e (iii) Outras informações pontuais para melhor compreensão das operações envolvidas.

Para otimizar a APR, o processo foi dividido em 7 sistemas da seguinte forma: (1) Moagem; (2) Cogeração (Caldeiras); (3) Tratamento do Caldo; (4) Fermentação; (5)

Destilação; (6) Desidratação; e (7) Armazenamento. Os resultados completos das análises realizadas estão expostos no Apêndice E.

A Tabela 2 a seguir apresenta uma consolidação do número total de cenários perigosos levantados para cada sistema, destacando o número de cenários classificados com severidade IV ou V quanto aos aspectos de impacto a pessoas, patrimônio e meio ambiente.

Tabela 2 – Resumo dos cenários mapeadas na APR.

	Número de Cenários	Cenários severidade IV ou V		
		Pessoas	Patrimônio	Meio-ambiente
Sistema 2 – Cogeração	7	0	0	0
Sistema 3 – Tratamento caldo	4	0	0	0
Sistema 4 – Fermentação	8	2	0	0
Sistema 5 – Destilação	6	2	2	1
Sistema 6 – Desidratação	4	2	2	0
Sistema 7 – Armazenamento	3	1	1	0
TOTAL	32	7	5	1

Fonte: Elaboração Própria, 2022.

Assim sendo, foram mapeados 32 cenários de risco classificados e distribuídos em 6 sistemas, já que não houve apontamento pelo grupo de análise de cenário de risco para o sistema de moagem. Desses 32 cenários de risco: 7 (21,8%) foram classificados com severidade IV para pessoas, 5 (15,6%) com severidade IV para patrimônio e 1 (3,1%) com severidade IV para meio ambiente.

De maneira geral, estes cenários com severidade mais alta tendem a ser considerados os mais críticos, já que, por exemplo, para a severidade IV em questão: no âmbito das pessoas, abarca a possibilidade de 1 ou mais fatalidades; para patrimônio, contempla danos severos a sistemas ou equipamentos com reparação lenta; e no aspecto de meio ambiente, prevê danos severos.

Dessa forma, no caso em análise, os cenários mais críticos se concentraram nas áreas de fermentação, destilação, desidratação e armazenamento da instalação, devido à presença do etanol, ácido sulfúrico e ciclohexano, os quais, por suas características de inflamabilidade, toxicidade e/ou corrosividade aumentam a severidade dos cenários mapeados.

Corroborando os resultados encontrados, Olivares e colaboradores (2015) apresentam uma base de dados de acidentes e incidentes ocorridos em indústrias de etanol de diversos países, entre os anos de 1998 e 2014, associados principalmente à estocagem

e manuseio de substâncias inflamáveis como o etanol, amônia e poeiras de grãos, tendo em vista que as instalações produtoras de etanol a partir de milho fizeram parte deste estudo. A severidade dos acidentes mapeados foi dividida em 6 níveis de intensidade das consequências, e o estudo apresentou em maior porcentagem, com 36%, acidentes com severidade equivalente a “sem lesão pessoal e com danos estruturais leves”, seguido de 27% dos acidentes avaliados na categoria equivalente a “até 10 lesões pessoais e/ou com importante dano estrutural”.

Considerando os resultados obtidos por meio da aplicação da técnica de APR, conclui-se que os maiores riscos para a segurança de processo existentes em uma instalação típica de produção de etanol combustível estão nas etapas de fermentação, destilação, desidratação e armazenamento. Portanto, essas são as áreas que devem ser priorizadas em termos de atenção, esforços e recursos dedicados aos sistemas de gestão de segurança de processo.

Hierarquização dos 20 Elementos do Sistema RBPS

O objetivo principal do trabalho consiste em definir um modelo de implantação de um sistema de gerenciamento de segurança de processo aplicável à indústria do etanol combustível, tomando por base a abordagem RBPS do CCPS, a qual contempla 20 elementos relacionados aos mais diversos aspectos necessários para uma gestão efetiva de segurança de processo, conforme detalhado no capítulo anterior.

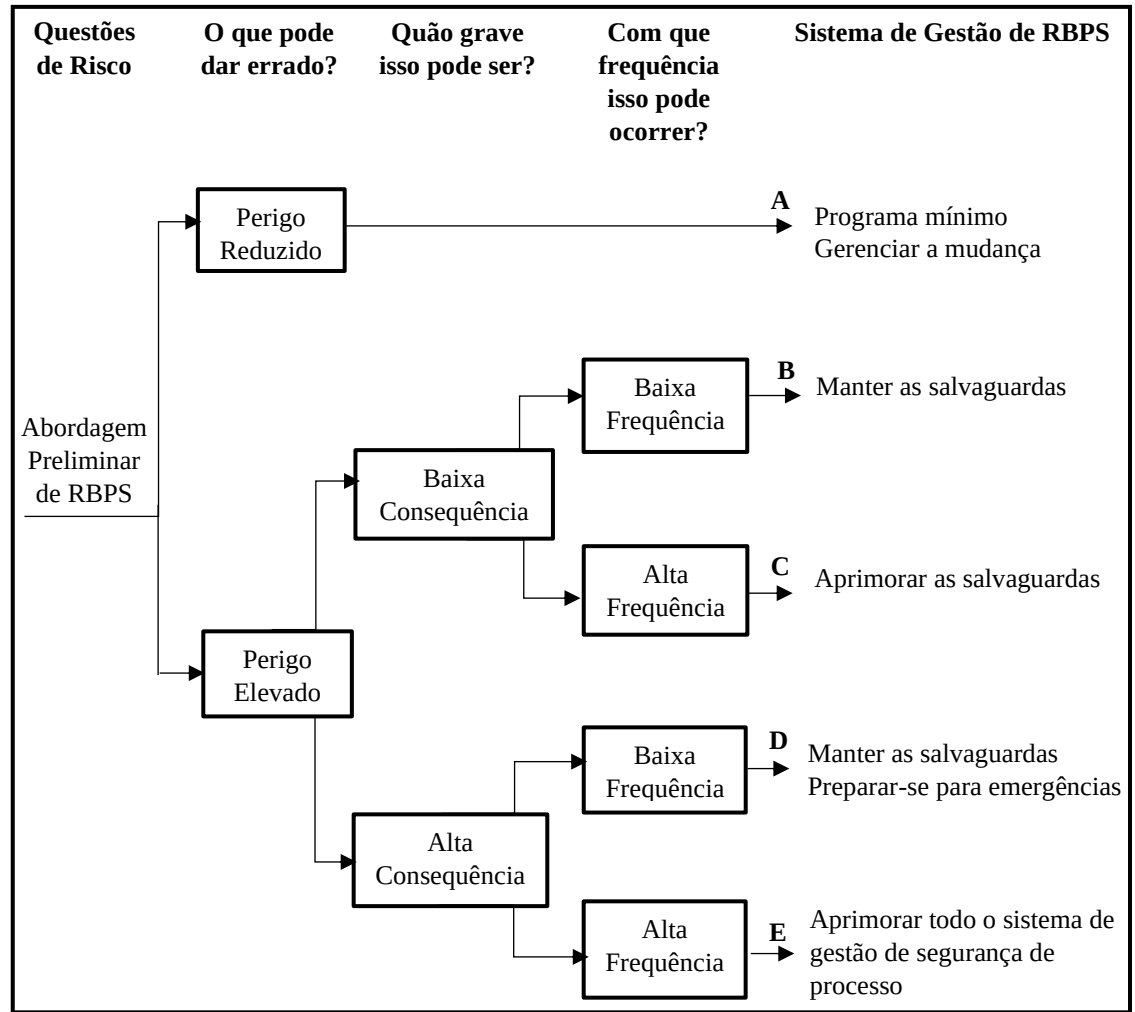
A própria metodologia orienta que não há um procedimento único de implantação. Pelo contrário, dentro do seu contexto, cada instalação, empresa ou setor deve definir a forma mais adequada para a implementação efetiva de um sistema de gestão de segurança de processo, levando-se em conta os parâmetros centrais da metodologia: (i) compreensão dos riscos e perigos das instalações e suas operações; (ii) compreensão da demanda das atividades de segurança de processo e os recursos usados nessas atividades; e (iii) compreensão de como as atividades de segurança de processo são influenciadas pela cultura de segurança de processo na empresa (CCPS, 2014).

Nesse sentido, o capítulo 23 do livro base desse trabalho (*Diretrizes para Segurança de Processo baseada em Risco*, CCPS, 2014) apresenta uma série de informações, procedimentos, estratégias, modelos e exemplos específicos que ajudam a guiar o processo de construção e implantação de um sistema de gerenciamento de segurança de processo baseada em risco. Desse conjunto vale destacar o tópico que indica

iniciar o processo de implantação por meio dos elementos de RBPS que ofereçam maior risco-benefício para o objeto em análise, o que é exatamente o desenvolvimento almejado com as ferramentas gerenciais de priorização anteriormente tratadas.

Além disso, como sugestão metodológica, o referido tópico apresenta a Figura 11 como opção. Trata-se de uma árvore de eventos que demonstra graficamente um possível processo de pensamento que pode ser utilizado para auxiliar na decisão de quais elementos devem receber maior prioridade.

Figura 11 – Abordagem para identificar que elementos de RBPS devem ser implantados.



Fonte: CCPS, 2014 (adaptado).

Em suma, de acordo com as especificidades do projeto, do processo e da empresa, um sistema de gestão mais ou menos robusto, em termos de quantidade e profundidade de tratamento dos elementos de RBPS, poderá ser estabelecido.

Ante esse contexto, decidiu-se por hierarquizar os 20 elementos do RBPS por meio de ferramentas gerenciais de priorização, começando pela matriz SWOT seguida da

matriz GUT. A primeira serve como guia para elaboração da segunda, trazendo o contexto brasileiro do setor produtivo de etanol combustível para dentro do processo de hierarquização. O Quadro 1 apresenta os resultados da matriz SWOT.

Quadro 1 – Matriz SWOT do setor produtivo de etanol combustível.

Forças Internas	Fraquezas Internas
1. Indústria centenária com tecnologia madura - processo de produção bem dominado. 2. Indústrias localizadas em áreas sem populações circunvizinhas, reduzindo a quantidade de pessoas expostas aos riscos. 3. Disponibilidade de matéria-prima interna. 4. Organizações representativas fortes no cenário nacional. 5. Processo consolidado e sem condições operacionais severas.	1. Baixa maturidade em cultura de segurança de processo. 2. Falta de comprometimento das lideranças, enquanto exemplos em cultura de segurança. 3. Indústria, no geral, com equipamentos em operação por muitas décadas, podendo ter impacto na integridade mecânica. 4. Conhecimento inadequado da regulação setorial (Ex.: baixo número de comunicados de incidentes à ANP). 5. Processamento e manipulação de produtos perigosos (etanol, ciclohexano e ác.sulfúrico). 6. Análises de riscos do processo muito voltadas à segurança ocupacional, não explorando de forma adequada os riscos do processo em si, gerando uma gestão de riscos ineficiente. 7. Baixa qualidade na investigação dos acidentes reportados, não identificando a causa raiz nem propondo recomendações para o sistema, evitando assim reincidência.
Oportunidades Externas	Ameaças Externas
1. Regulação setorial relativamente recente, permitindo desenvolvimento conjunto e prévio, incluindo sistemas de gestão de segurança. 2. Ampliação do consumo: mistura obrigatória, políticas internas de incentivo para uso do etanol e acordos internacionais do Brasil para redução de emissão dos gases de efeito estufa. 3. Pressões ambientais e de sustentabilidade. 4. Muitas empresas atuando no mercado podendo contribuir para ampla disseminação de conhecimento e aprendizados. 5. Melhorias tecnológicas de processamento com diminuição de perigos (Ex.: desidratação por peneira molecular ao invés de destilação azeotrópica - ciclohexano), podendo incluir projetos no setor voltados à indústria 4.0 e <i>machine learning</i>.	1. Mudanças rápidas na regulação setorial, com aumento de exigências para questões de segurança. 2. Diminuição do consumo: diminuição da mistura obrigatória, mudanças nas políticas internas de incentivo para uso do etanol, veículos movidos a combustíveis alternativos (elétrico, GNL, hidrogênio, híbrido sem biocombustível) e pressões competitivas dos combustíveis fósseis. 3. Pressões no âmbito social e de governança, principalmente em termos de condições de trabalho e segurança. 4. Fiscalização deficiente dos órgãos competentes (regulador, órgão ambiental e corpo de bombeiros). 5. Resistência dos gestores aos custos com implantação de novas práticas, sistemas e equipamentos de segurança.

Sob o prisma da matriz SWOT, o grupo em conjunto analisou cada um dos 20 elementos do sistema RBPS do CCPS, sob os aspectos de gravidade, urgência e tendência,

conforme colocado no capítulo anterior, tendo obtido os resultados da Tabela 3. O grau de impacto está parametrizado da seguinte forma para o resultado da multiplicação dos fatores: abaixo de 15 – baixo; entre 15 e 50 – médio; e acima de 50 – alto.

Tabela 3 – Priorização dos 20 elementos pela matriz GUT.

N.	Elemento	Gravidade (Temática)	Urgência (Força/ Oportunidade)	Tendência (Fraqueza/ Ameaça)	GUT	Grau de Impacto	Seq.
1	Cultura de segurança de processo	4	3	2	24	Médio	7º
2	Conformidade com padrões	4	4	4	64	Alto	2º
3	Competência em segurança de processo	3	2	2	12	Baixo	9º
4	Envolvimento da força de trabalho	5	4	3	60	Alto	3º
5	Atendimento às partes interessadas	2	2	2	8	Baixo	10º
6	Conhecimento no processo	4	5	3	60	Alto	3º
7	Identificação de perigos e análise de risco	5	5	4	100	Alto	1º
8	Procedimentos operacionais	4	4	4	64	Alto	2º
9	Práticas de trabalho seguro	3	3	3	27	Médio	6º
10	Integridade de ativos e confiabilidade	4	3	4	48	Médio	4º
11	Gestão de contratadas	3	2	2	12	Baixo	9º
12	Treinamento e certificação de desempenho	3	3	4	36	Médio	5º
13	Gestão de mudanças	4	3	4	48	Médio	4º
14	Prontidão operacional	3	3	2	18	Médio	8º
15	Disciplina operacional	2	3	2	12	Baixo	9º
16	Gestão de emergências	3	3	3	27	Médio	6º
17	Investigação de acidentes	3	2	2	12	Baixo	9º
18	Indicadores de desempenho	2	2	2	8	Baixo	10º
19	Auditoria	2	2	2	8	Baixo	10º
20	Melhoria contínua	2	2	2	8	Baixo	10º

Fonte: Elaboração própria, 2022.

Desse modo, no que diz respeito ao foco de risco-benefício adotado, a análise demonstrou que há níveis diferentes de impacto entre os elementos, indicando assim uma possível priorização na sua implantação pela indústria do etanol combustível. Nesse

cenário, obteve-se a classificação de 5 elementos com grau de impacto alto, 7 com grau de impacto médio e 8 com grau baixo.

Porém, é de suma importância registrar aqui que implantações de itens de elementos de gestão que trazem consigo obrigações legais estão acima da presente análise, tendo sido, no entanto, esse aspecto compreendido pelo grupo no elemento de conformidade com padrões.

Modelo de Implantação de um Sistema de Gerenciamento de Segurança de Processo aplicável à Indústria do Etanol Combustível

Uma vez feita a hierarquização dos 20 elementos de segurança de processo baseada em risco propostos na metodologia do CCPS, esse tópico final do trabalho busca orientar acerca da forma de implantação de um sistema de gerenciamento de segurança de processo aplicável à indústria do etanol combustível, propondo uma estratégia de implantação factível, os atores envolvidos e as possíveis atividades de trabalho relacionadas.

Longe da pretensão de firmar um modelo único e estanque, o objetivo aqui é trazer concretude e utilidade imediata ao trabalho desenvolvido, salientando desde já que qualquer iniciativa de adequação ou implantação de um sistema de gestão de segurança de processo nos moldes do CCPS se configura em um projeto complexo e trabalhoso, que exige recursos, disciplina e comprometimento de toda organização, principalmente da alta gestão e das lideranças.

No que diz respeito à estratégia de implantação, diante dos resultados obtidos nos tópicos anteriores, propõe-se um projeto com ondas de implementação dos elementos de segurança de processo dispostas da seguinte forma:

- a) 1ª Onda (Curto Prazo): no 1º ano, implantação/adequação na instalação dos elementos de segurança de processo classificados com grau de impacto alto pela matriz GUT/SWOT, a saber: (1) Identificação de perigos e análise de risco; (2) Conformidade com padrões; (3) Procedimentos operacionais; (4) Envolvimento da força de trabalho; e (5) Conhecimento no processo.
- b) 2ª Onda (Médio Prazo): no 2º e 3º ano, implantação/adequação na instalação dos elementos de segurança de processo classificados com grau de impacto médio pela matriz GUT/SWOT, a saber: (1) Integridade de ativos e confiabilidade; (2) Gestão de mudanças; (3) Treinamento e certificação de desempenho; (4) Práticas de trabalho seguro; (5) Gestão de emergências; (6) Cultura de segurança de processo; e (7) Prontidão operacional.

- c) 3ª Onda (Longo Prazo): no 4º e 5º ano, implantação/adequação na instalação dos elementos de segurança de processo classificados com grau de impacto baixo pela matriz GUT/SWOT, a saber: (1) Competência em segurança de processo; (2) Gestão de contratadas; (3) Disciplina operacional; (4) Investigação de acidentes; (5) Atendimento às partes interessadas; (6) Indicadores de desempenho; (7) Auditoria; e (8) Melhoria contínua.

Nesse ponto, vale registrar que quando da publicação da Resolução ANP nº 5/2014, do SGSO do refino, foi concedido um prazo total de 4 anos para implementação do sistema pelas refinarias de petróleo. Ou seja, os períodos sugeridos acima estão compatíveis com a racionalidade adotada pelo órgão regulador em questão equivalente a ora tratada.

Relacionando as ondas de implantação propostas com as áreas do processo produtivo de etanol combustível, a APR desenvolvida mostrou que os esforços e recursos voltados à segurança de processo devem estar focados nas etapas de fermentação, destilação, desidratação e armazenamento. Dessa forma, o modelo final deve buscar a combinação da estratégia de ondas de implementação com as áreas de maiores riscos do processo, visando a otimização de todo o projeto, exatamente em linha com os preceitos da metodologia utilizada.

Outro ponto fundamental para o sucesso de uma adequada e efetiva implementação/adequação da gestão de segurança de processo está no correto grau de envolvimento das pessoas e das áreas da empresa. Certamente, em maior ou menor grau, todos da organização devem ser informados e envolvidos em um projeto como esse, porém dois aspectos são fundamentais: o patrocínio e acompanhamento verdadeiro, irrestrito, transparente e efetivo da alta gestão e das lideranças da empresa/instalação, e o comprometimento e a disciplina das áreas técnicas de engenharia, processo, operação e manutenção na execução das atividades de trabalho de implementação, controle, monitoramento e melhoria contínua.

Para finalizar, relembrando a definição de sistema formal de gestão apresentada no capítulo de metodologias aplicadas, se faz relevante a indicação de atividades de trabalho relacionadas aos elementos de segurança de processo, buscando dar concretude e utilidade imediata ao trabalho desenvolvido. Nesse contexto, a seguir estão apresentadas sugestões de tarefas importantes relacionadas aos elementos de gestão priorizados na primeira onda de implantação. Para os demais elementos sugere-se consulta ao livro base desse trabalho (*Diretrizes para Segurança de Processo baseada em Risco*, CCPS, 2014),

onde, para cada elemento, existem listas e explicações das possíveis atividades de trabalho a serem avaliadas e eventualmente implementadas.

- 1) Conformidade com padrões: elemento concreto que visa estabelecer um local (repositório/sistema) de fácil acesso a todos às normas de segurança, contendo necessariamente as obrigatórias por lei e as demais conhecidas e aplicáveis à atividade (externas ou mesmo produzidas internamente na empresa), garantindo, por meio de controles específicos, que elas estejam sempre atualizadas e sejam adequadamente aplicadas e cumpridas. É um elemento que interage com vários outros elementos do sistema de gestão de segurança.
 - i. Desenvolver um programa, por escrito, capaz de identificar todas as obrigações de segurança de processo.
 - ii. Envolver o pessoal competente, inclusive iniciando pelo fornecimento de uma capacitação inicial e um treino de conscientização acerca das normas pertinentes.
 - iii. Realizar as atividades que garantem a conformidade.
 - iv. Rever a aplicabilidade das normas conforme surjam novas informações ou alterações.
- 2) Envolvimento da força de trabalho: elemento concreto que visa estabelecer mecanismos proativos e reativos (principalmente no início) de participação efetiva e constante de todos os trabalhadores (próprios e contratados) nas questões de segurança, independente de nível hierárquico. Quando possível, deve-se iniciar pelo envolvimento no desenvolvimento de cada elemento do sistema de gestão RBPS, e um *feedback* rápido e transparente deve ser priorizado.
 - i. Facilitar participação ativa dos trabalhadores, como por exemplo, incluí-los nas equipes de análise de risco.
 - ii. Aplicar processos de trabalho adequado e criar produtos de trabalho do elemento, assegurando que os trabalhadores que participem recebam *feedback* apropriado e que a implantação das recomendações por eles propostas sejam tratadas em tempo hábil.
- 3) Conhecimento no processo: elemento concreto que visa documentar e deixar organizadas, completas e acessíveis todas as informações técnicas relevantes do processo, contemplando todo o ciclo de vida da instalação (projeto, fabricação, montagem, operação e desmobilização). Está intimamente ligado ao elemento de competência em segurança de processo, no sentido do seu compartilhamento, porém tem um viés mais focado e palpável. É a base para um desenvolvimento adequado do próximo elemento e de outros como: procedimentos, treinamento, integridade de ativos, gestão de mudanças e investigação de incidentes.
 - i. Compilar informações sobre perigos químicos, sobre a tecnologia de processo e dos equipamentos.

- ii. Garantir que o pessoal competente seja responsável por manter o conhecimento do processo atualizado e preciso e revisar as alterações no conhecimento de processo.
 - iii. Evitar a perda accidental dos conhecimentos, arquivando os documentos por equipamento ou tipo de informação; eliminando cópias paralelas do conhecimento de processo; armazenando cálculos ou dados essenciais.
 - iv. Documentar as informações de maneira acessível, mesmo que não existam normas dentro da empresa, utilizando os padrões externos.
 - v. Evitar mudanças inadvertidas designando pessoas com experiência e conhecimento adequados para analisar e aprovar as correções ou mudanças ao conhecimento de processo.
 - vi. Propiciar esforços para gerenciar adequadamente as mudanças.
- 4) Identificação de perigos e análise de risco: elemento concreto base primária da abordagem RBPS, no sentido de direcionar os esforços e os recursos para os riscos relevantes do processo. Visa identificar e analisar em profundidade adequada os perigos e riscos da instalação durante todo o seu ciclo de vida, promovendo recomendações de implementações visando o controle, a prevenção e a mitigação dos riscos para níveis considerados aceitáveis.
- i. Estabelecer e implantar procedimentos formais para gerenciar risco.
 - ii. Determinar quando IPARs (Identificação de Perigos e Análise Risco) devem ser realizadas, bem como seu escopo analítico e cobertura adequada.
 - iii. Envolver funcionários competentes.
 - iv. Fazer julgamentos de risco consistentes.
- 5) Procedimentos operacionais: elemento concreto básico para qualquer instalação industrial, que visa estabelecer por escrito precisamente todas as etapas para a realização adequada de uma determinada tarefa rotineira, contemplando partida, operação e parada de processos de modo seguro, inclusive parada de emergência. Deve estar atualizado e acessível a todos os trabalhadores, os quais certamente precisam estar treinados na sua execução, com reciclagens e verificações oportunas. Um bom procedimento deve descrever o processo, os perigos, as ferramentas para sua execução, os equipamentos de proteção, os limites operacionais, as respostas desejadas, os possíveis problemas e soluções.
- i. Criar um procedimento geral, estabelecendo as regras para os procedimentos operacionais: forma, conteúdo, criação, atualização, manutenção (revisão) e treinamento.
 - ii. Prover meios que assegurem que versões defasadas de procedimentos não estejam disponíveis e nem sejam utilizadas.
 - iii. Listar as tarefas e atividades que necessitam de procedimentos operacionais, revisando-a periodicamente.

- iv. Certificar-se de que os elementos de procedimentos e de treinamento estejam coordenados.
- v. Disponibilizar ativamente os procedimentos aos operadores.
- vi. Fiscalizar periodicamente a correspondência dos procedimentos operacionais com a prática e o treinamento.

Para todo elemento de gestão de segurança implementado é fundamental que seja definido ao menos um indicador de desempenho para acompanhamento da sua efetividade, o que se dá pela análise de gestão rotineira das lideranças, cujo período também deve ser claramente estabelecido e rigorosamente observado.

6. CONCLUSÕES

A indústria de processo certamente está entre as maiores responsáveis pelos grandes acidentes não naturais da história em termos de número de fatalidades e impactos a pessoas e ao meio ambiente.

Ao longo da sua evolução houve uma crescente demanda de melhorias em relação aos aspectos de segurança, tendo como um dos resultados mais relevantes a abordagem de sistemas de gestão para a gestão de segurança, onde atualmente se destaca a metodologia de segurança de processo baseada em risco do CCPS (RBPS), composta de 20 elementos de gestão que abordam os mais diversos aspectos para uma efetiva gestão de segurança de processo.

Nesse contexto, o presente trabalho dedicou atenção à indústria do etanol combustível, com o objetivo principal de propor um modelo de implantação de um sistema de gerenciamento de segurança de processo aplicável à referida indústria, tomando por base a abordagem RBPS do CCPS. Além desse objetivo, primeiramente, o trabalho também buscou informações para fundamentar a percepção de que não existe atualmente no setor uma cultura de segurança de processo bem estabelecida.

Utilizando duas metodologias distintas, um formulário online, contendo 10 perguntas relacionadas a questões de segurança de processo (Apêndice A), e um levantamento de informações dos acidentes comunicados pelo setor ao órgão regulador (Apêndice B) foi possível concluir que, de fato, parte do setor produtivo de etanol combustível não possui um nível adequado de cultura de segurança de processo frente aos riscos existentes.

Uma análise de riscos do processo foi realizada aplicando-se a técnica de APR (Apêndice E e Anexos 1 e 2). Os resultados apontaram que os maiores riscos para a

segurança de processo existentes em uma instalação típica de produção de etanol combustível estão nas etapas de fermentação, destilação, desidratação e armazenamento, devido à presença do etanol, ácido sulfúrico e ciclohexano. Portanto, essas áreas devem ser priorizadas em termos de recursos dedicados aos sistemas de gestão de segurança de processo.

Tomando por base a supramencionada abordagem, foram utilizadas em conjunto duas ferramentas gerenciais de priorização, as matrizes SWOT e GUT. Como resultado os 20 elementos de segurança de processo baseada em risco foram classificados e agrupados em 3 níveis distintos de grau de impacto. Desse modo, o modelo proposto nesse trabalho orientou pela implantação de um sistema de gestão em 3 ondas, a serem implementadas por ordem de impacto ao longo de 5 anos.

Buscando uma orientação mais efetiva, o tópico final desse artigo indicou algumas atividades de trabalho relacionadas aos elementos de gestão de segurança de processo apontados na primeira onda de implantação, colocando, ainda, que para todo elemento de gestão de segurança implementado seja definido ao menos um indicador de desempenho, o qual deve ter constante e rotineiro acompanhamento das lideranças.

Por fim, vale destacar novamente que o presente trabalho buscou fornecer um caminho e uma estratégia útil de aplicação pelas empresas desse setor que tenham interesse em avançar no assunto, implantar seus próprios sistemas de gestão de segurança e/ou aprimorar os sistemas já existentes, utilizando-se é claro dos conceitos da abordagem de segurança de processo baseada em risco expostos no decorrer desse artigo.

A implantação do sistema é apenas o início do processo, já que a sua efetividade irá depender da sua adequada execução no dia a dia, alimentando assim um processo cíclico e virtuoso de melhoria contínua, considerado um dos principais elementos de um sistema de gestão de segurança de processo de excelência. Somente assim as organizações poderão garantir operações mais seguras e rentáveis durante todo o seu ciclo de vida.

Ante todo o exposto, espera-se que o presente trabalho possa ter apresentado dados e informações úteis à indústria do etanol combustível, para que cada empresa reflita e defina a necessidade de adequação ou implantação de um sistema formal de gestão de segurança de processo.

REFERÊNCIAS

AICHE. American Institute of Chemical Engineers. CCPS History. Disponível em: <https://www.aische.org/ccps/history>. Acesso em: 21 jun. 2022.

ANP. **Painel Dinâmico** – Produtores de Etanol. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2022a. Disponível em:
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZWU1MTc0ZjYtMjVhYi00YTEwLWJhODMtODQ0MDdhNmJiMWYwIiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTl0YTYtNGI0Mi1iN2VmLTExNGFmY2FkYzIxMyJ9&pageName=ReportSection8aa0cee5b2b8a941e5e0%22>. Acesso em: 17 mar. 2022.

ANP. **Relatório Dinâmico de Autorizações** – Produtores de Etanol. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2022b. Disponível em:
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZWZWM3ZDI4YjEtOTliMi00NDY5LWJjZDktMTA0MTZlOGYzOGJlIiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTl0YTYtNGI0Mi0iN2VmLTEyNGFmY2FkYzIxMjY5J9&pageName=ReportSection>. Acesso em: 04 jul. 2022.

BNDES. **Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável** / organização BNDES e CGEE. – Rio de Janeiro: BNDES, 2008.

CCPS. **Diretrizes para Segurança de Processo Baseada em Risco**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2014.

CSB. Chemical Safety Board – Bhopal 30th anniversary. Disponível em: <https://www.csb.gov/on-30th-anniversary-of-fatal-chemical-release-that-killed-thousands-in-bhopal-india-csb-safety-message-warns-it-could-happen-again/>. Acesso em: 18 maio 2022.

EPE. **Balanco Energético Nacional**. Empresa de Pesquisa Energética, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2022.

IBGE. Pesquisa Industrial Anual – Produto. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9044-pesquisa-industrial-anual-produto.html?=&t=destaques>. Acesso em: 17 mar. 2022.

IEA. **Statistics Report: Key World Energy Statistics 2021**. International Energy Agency, 2021. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/52f66a88-0b63-4ad2-94a5-29d36e864b82/KeyWorldEnergyStatistics2021.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2022.

KEPNER, C. H.; TREGOE, B. B. **O Administrador Racional**. São Paulo: Atlas, 1981.

LIMA, L. R.; MARCONDES, A. A. **Álcool carburante**: uma estratégia brasileira. Curitiba: UFPR, 2002.

MENEGUETTI, C. C.; MEZAROA, S.; GROFF, A. M. **Processos de produção do álcool etílico de cana-de-açúcar e os possíveis reaproveitamentos dos resíduos resultantes do sistema.** In IV Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial. Campo Mourão, 2010. Disponível em: http://www.fecilcam.br/anais/iv_eepa/data/uploads/9-engenharia-da-sustentabilidade/9-07-com-autores.pdf. Acesso em: 15 mar. 2022

NAEGELI, G. Notas de aula. Análise Qualitativa. Pós Graduação em Segurança de Processos. Faculdade Senai Cetiqt. 2022.

NOVACANA. **Como é feito o processamento da cana-de-açúcar nas usinas**. 2022. Disponível em: <https://www.novacana.com/usina/como-e-feito-processamento-cana-de-acucar>. Acesso em 15 mar. 2022

OLIVARES, R. D. C.; RIVERA, S. S.; MC LEOD, J. E. N. Database for accidents and incidents in the fuel ethanol. **In Journal of Loss Prevention in the Process Industries** vol 38 p. 276 – 297. 2015

RODRIGUES, J. N.; et al. **50 Gurus Para o Século XXI**. 1. ed. Lisboa: Centro Atlântico.PT, 2005.

UNICA. **Histórico do Setor**. União da Indústria de Cana-de-Açúcar, 2022. Disponível em: <https://unica.com.br/setor-sucroenergetico/historico-do-setor/>. Acesso em: 16 mar. 2022.

APÊNDICE A

Figura A.1 – Questionário de Cultura de Segurança.

Questionário de Cultura de Segurança

O questionário abaixo foi elaborado por alunos de pós-graduação em Engenharia de Segurança de Processo do SENAI CETIQT com o objetivo de fundamentar o desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado “Implementação de um Sistema de Gerenciamento de Segurança baseado em Risco na Indústria Brasileira do Etanol”. Por isso, se você atua na Indústria Sucroalcooleira, independente da sua área específica, sua participação neste rápido questionário será de extrema relevância para o nosso trabalho e para a própria Indústria, pelo que já agradecemos antecipadamente.

O trabalho tem foco acadêmico, mas acreditamos que os resultados poderão ter grande valor para o setor.

O questionário é anônimo e sigiloso e os dados das respostas serão publicados de forma agregada.

Não existe resposta certa ou errada.

São apenas 10 perguntas de múltipla escolha e o preenchimento levará poucos minutos.

Novamente, muito obrigado!

[Faça login no Google](#) para salvar o que você já preencheu. Saiba mais

***Obrigatório**

1) Aproximadamente quantos funcionários sua organização emprega (em todos os locais/unidades), incluindo próprios e terceiros? *

- ☐ <100
- ☐ 100 - 1.000
- ☐ 1.001 - 5.000
- ☐ >5.000

2) Sua função na empresa está em qual das opções abaixo? *

- ☐ Área técnica – operação
- ☐ Área técnica – engenharia
- ☐ Área técnica – manutenção
- ☐ Administrativo
- ☐ Gerencial
- ☐ Outro:

3) Você sabe a diferença entre segurança de processo e segurança do trabalho? *

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Não sei

4) Como você definiria segurança de processo? *

- ☐ É o conjunto de normas, práticas e procedimentos adotados, visando minimizar os acidentes de trabalho, doenças ocupacionais, bem como proteger a integridade e a capacidade de trabalho das pessoas envolvidas.
- ☐ Consiste na prevenção, mitigação e resposta a eventos de perda de contenção primária de produtos perigosos, que têm potencial de gerar efeitos tóxicos, incêndio, sobrepressão ou explosão e que podem resultar em lesões pessoais, danos materiais, perda de produção ou impacto ambiental, através de um sistema de gestão que assegure a integridade das instalações de processo durante todo o seu ciclo de vida.
- ☐ Consiste na análise de riscos e na orientação dos trabalhadores quanto ao uso de equipamentos de proteção individual e ao registro dos acidentes de trabalho.

5) Existe, na sua organização, alguma área ou pessoa responsável pela segurança de processo? *

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Não sei

6) Quais as metodologias de análise de risco citadas abaixo são utilizadas pela sua organização? Obs.: marcar quantas necessárias. * ☐ WHAT-IF (E Se?) ☐ APR (Análise Preliminar de Riscos) ☐ HAZOP (Hazards and Operability Study – Estudo de Perigos e Operabilidade) ☐ FMEA (Failure Mode and Effect Analysis – Análise de Modos de Falhas e Efeitos) ☐ AQR (Análise Quantitativa de Riscos)
7) Você tem acesso e conhece os relatórios de análise de risco da sua empresa? * ☐ Sim ☐ Não ☐ Não sei
8) Sua organização registra e divulga internamente acidentes com vazamentos/perda de contenção primária? * ☐ Sim ☐ Não ☐ Não sei
9) As instalações industriais da sua organização possuem um sistema integrado de gestão de segurança de processo? * ☐ Sim ☐ Não ☐ Não sei
10) Você recebeu treinamento sobre o plano de resposta à emergência da sua organização/instalação? * ☐ Sim ☐ Não ☐ Não sei
Muito obrigado pela sua participação! (Fernanda, Marilha, Tanise e Thyago). Pós-Graduação em Engenharia de Segurança de Processo do SENAI CETIQT – Turma 5. Abaixo, há dois campos opcionais. O primeiro aberto para quaisquer comentários adicionais relativos ao assunto e que possam colaborar com o nosso trabalho. O segundo para apontamento de algum e-mail, caso deseje receber de forma agregada os resultados desse questionário, bem como o Trabalho de Conclusão de Curso em questão após finalizado e aprovado.
Comentários adicionais (Opcional) Sua resposta
E-mail (Opcional) Sua resposta Enviar

APÊNDICE B

Figura B.1 – Requerimento de Informações ao Sistema de Informações ao Cidadão (SIC).

Plataforma Integrada de Ouvidoria e Acesso à Informação	
Detalhes da Manifestação	
Dados Básicos da Manifestação	
Tipo de Manifestação:	Acesso à Informação
Esfera:	Federal
NUP:	48003.003411/2022-77
Órgão Destinatário:	ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
Órgão de Interesse:	
Assunto:	Acesso à informação
Subassunto:	
Data de Cadastro:	07/04/2022
Situação:	Cadastrada
Data limite para resposta:	27/04/2022
Canal de Entrada:	Internet
Modo de Resposta:	Pelo sistema (com avisos por email)
Registrado Por:	Cidadão
Tipo de formulário:	Acesso à Informação
Serviço:	
Outro Serviço:	
Teor da Manifestação	
Resumo:	Acidentes de processo em refinarias e indústria de etanol
Extrato:	Sou aluna de uma pós graduação em Segurança de Processos no SENAI CETIQT e gostaria de saber informações sobre acidentes de processo que ocorreram na indústria do etanol e em refinarias, a partir do ano 2000. Gostaria de informações sobre o que foi o acidente! Onde? Quando? Causa? Consequência? Danos/lesões ou categoria? Att, Tanise
Proposta de melhoria:	
Município do local do fato:	
UF do local do fato:	
Local:	
Não há anexos originais da manifestação.	
Não há anexos complementares.	
Não há textos complementares.	
Não há envolvidos na manifestação.	

Figura B.2 – Requerimento de Informações ao SIC (Continuação).

Plataforma Integrada de Ouvidoria e Acesso à Informação
Detalhes da Manifestação

Campos Adicionais

Não há campos adicionais.

Dados das Respostas

Envolve ocupante de cargo comissionado DAS a partir do nível 4 ou equivalente?	
Manifestação Apta?	
Há envolvimento de Empresa?	
Há envolvimento de Servidor Público?	

Não há registro de respostas.

Denúncia de descumprimento

Não há registro de denúncias de descumprimento.

Dados de Encaminhamento

Não há registros de encaminhamento.

Dados de Prorrogação

Não há registros de prorrogações.

APÊNDICE C

Nesse apêndice estão apresentadas breves descrições dos elementos, conforme metodologia da RBPS, contendo os princípios fundamentais e as características essenciais de cada elemento.

- 1) Cultura de segurança de processo: elemento abrangente e fundamental, que trata dos comportamentos e dos valores adequados praticados por todos os funcionários da empresa quanto à segurança, observadas as suas atribuições e responsabilidades, independentemente da situação em que se encontram. É desenvolvido na medida em que os funcionários percebem e enxergam benefícios na prática desses comportamentos e valores.
- 2) Conformidade com padrões: elemento concreto que visa estabelecer um local (repositório/sistema) de fácil acesso a todos às normas de segurança, contendo necessariamente as obrigatórias por lei e as demais conhecidas e aplicáveis à atividade (externas ou mesmo produzidas internamente na empresa), garantindo, por meio de controles específicos, que elas estejam sempre atualizadas e sejam adequadamente aplicadas e cumpridas. É um elemento que interage com vários outros elementos do sistema de gestão de segurança.
- 3) Competência em segurança de processo: elemento abrangente e proativo que visa gerar novas informações de segurança de processo e se concentra principalmente no aprendizado organizacional contínuo (cíclico). Está intimamente ligado aos elementos mais específicos de conhecimento do processo e de treinamento, cabendo lembrar que normalmente competência se traduz no tripé: conhecimento (teoria), habilidade (experiência) e atitude (agir quando necessário).
- 4) Envolvimento da força de trabalho: elemento concreto que visa estabelecer mecanismos proativos e reativos (principalmente no início) de participação efetiva e constante de todos os trabalhadores (próprios e contratados) nas questões de segurança, independente de nível hierárquico. Quando possível, deve-se iniciar pelo envolvimento no desenvolvimento de cada elemento do sistema de gestão RBPS, e um *feedback* rápido e transparente deve ser priorizado.
- 5) Atendimento às partes interessadas: elemento concreto e abrangente que visa estabelecer mecanismos de identificação e envolvimento de partes externas à empresa em questões de segurança (indivíduos, comunidades, organizações e outras

empresas), promovendo um diálogo e relacionamento proativo e construtivo com essas partes, tendo como foco principal as comunidades locais mais afetadas aos riscos e perigos da instalação.

- 6) Conhecimento no processo: elemento concreto que visa documentar e deixar organizadas, completas e acessíveis todas as informações técnicas relevantes do processo, contemplando todo o ciclo de vida da instalação (projeto, fabricação, montagem, operação e desmobilização). Está intimamente ligado ao elemento de competência em segurança de processo, no sentido do seu compartilhamento, porém tem um viés mais focado e palpável. É a base para um desenvolvimento adequado do próximo elemento e de outros como: procedimentos, treinamento, integridade de ativos, gestão de mudanças e investigação de incidentes.
- 7) Identificação de perigos e análise de risco: elemento concreto base primária da abordagem RBPS, no sentido de direcionar os esforços e os recursos para os riscos relevantes do processo. Visa identificar e analisar em profundidade adequada os perigos e riscos da instalação durante todo o seu ciclo de vida, promovendo recomendações de implementações visando o controle, a prevenção e a mitigação dos riscos para níveis considerados aceitáveis.
- 8) Procedimentos operacionais: elemento concreto básico para qualquer instalação industrial, que visa estabelecer por escrito precisamente todas as etapas para a realização adequada de uma determinada tarefa rotineira, contemplando partida, operação e parada de processos de modo seguro, inclusive parada de emergência. Deve estar atualizado e acessível a todos os trabalhadores, os quais certamente precisam estar treinados na sua execução, com reciclagens e verificações oportunas. Um bom procedimento deve descrever o processo, os perigos, as ferramentas para sua execução, os equipamentos de proteção, os limites operacionais, as respostas desejadas, os possíveis problemas e soluções. Combinado com os 2 próximos elementos fecham um importante tripé de procedimentos voltados à instalação.
- 9) Práticas de trabalho seguro: elemento concreto básico para qualquer instalação industrial, que visa estabelecer por escrito precisamente todas as etapas para a realização adequada de uma determinada tarefa não rotineira. Ou seja, qualquer atividade não coberta completamente no elemento de procedimentos operacionais. Normalmente envolvem as chamadas permissões de trabalho, contendo lista de verificações, análises e autorizações específicas, e que em alguns casos devem ser

renovadas a cada turno ou após um determinado tempo. Para algumas tarefas não rotineiras há prescrições legais a serem observadas.

- 10) Integridade de ativos e confiabilidade: elemento que visa garantir o adequado funcionamento dos equipamentos e sistemas de segurança durante todo o ciclo de vida do projeto e da instalação, através de controles, análises e procedimentos de inspeção, testes e manutenção. Objetiva, assim, evitar qualquer perda de contenção primária relevante de produto perigoso ou energia.
- 11) Gestão de contratadas: elemento que visa estabelecer políticas, regras e procedimentos claros e efetivos para seleção, contratação, uso e monitoramento de serviços de terceiros (contratadas) na instalação, principalmente aqueles voltados a parte de segurança, como, regra geral, ocorrem em grandes campanhas de paradas para manutenção da instalação ou de suas unidades. Não se confunde com o elemento anterior na questão de empresas que fornecem equipamentos, tendo, portanto, um viés mais operacional do dia a dia da instalação. Tem forte relação com a comprovação de competência, conhecimento e treinamento por parte dos contratados que irão adentrar a instalação e eventualmente estarem expostos aos riscos existentes.
- 12) Treinamento e certificação de desempenho: elemento que visa estabelecer uma estrutura organizada e efetiva de treinamentos e controle de desempenho. Os treinamentos são instruções para realização de atividades de trabalho, ocorrendo, regra geral, de maneira teórica (aula, por exemplo) e prática (em campo ou simulado, por exemplo). É um elemento que se desdobra a partir de vários outros, como procedimentos operacionais e gestão de mudanças, sendo muitas vezes contemplados em alguns aspectos da instalação como requisito legal de comprovação compulsória. De todo modo, deve-se ter essa visão apenas como um requisito mínimo, já previsto a partir do elemento de cumprimento das normas
- 13) Gestão de mudanças: elemento que visa garantir que as mudanças em um processo não introduzam, de maneira inadvertida, novos perigos, ou aumentem os riscos existentes inconscientemente. Para tanto, é necessário o estabelecimento de um procedimento claro de identificação e análise das situações de mudanças, contemplando lista de verificação, análises de risco, etapas de aprovação, autorização, comunicação, controle e monitoramento (antes, durante e após a

mudança), bem como atualização de procedimentos e treinamentos. Não contempla mudanças de peças e equipamentos idênticos no processo.

- 14) Prontidão operacional: elemento que visa, em linha gerais, uma revisão completa de todos os aspectos de segurança antes da partida da instalação, seja ela nova (escopo muito mais abrangente de verificação) ou que tenha apenas parado a operação por um determinado tempo (escopo menor e podendo estar relacionado ao tempo e abrangência da parada). A experiência demonstrou que a frequência de incidentes é maior durante as transições do processo, tais como a inicialização. Alguns aspectos verificados: construção e montagem de acordo com o projeto; procedimentos de operação, segurança e emergência adequados; treinamento executado por todos os operadores envolvidos no processo; recomendações das análises de risco ou gestão de mudanças implementadas; alinhamentos feitos, ausência de vazamentos, isolamento e limpeza; entre outros.
- 15) Disciplina operacional (ou, condução das operações): elemento abrangente que busca agregar o conceito da disciplina e rigor na condução das operações, principalmente do ponto de vista da segurança (aqui, tanto de processo quanto ocupacional), em todos os outros elementos operacionais do sistema RBPS, ou seja, que demandam a execução de atividades e tarefas, tendo assim uma forte relação com o elemento de cultura de segurança. Tem um viés mais amplo, de política e valores da empresa, por exemplo, e da liderança pelo exemplo do topo para a base
- 16) Gestão de emergências: elemento concreto que aborda importante salvaguarda de mitigação. A gestão efetiva desse elemento abordará questões do tipo: mapeamento dos possíveis cenários de emergência; planejamento das ações nesses cenários; levantamento e disponibilização de recursos para execução dos planos; treinamento e prática (interna e externa), visando melhoria contínua dos planos; e comunicação, orientação e informação as partes interessadas nos casos de emergência. Três aspectos fundamentais: proteger as pessoas, responder adequadamente ao cenário e comunicar as partes interessadas (funcionários, populações circunvizinhas à instalação e imprensa). Com a implantação efetiva de outros elementos preventivos do sistema RBPS, a aplicação do gerenciamento de emergências em situações reais tende a ser muito baixa.
- 17) Investigação de acidentes: elemento concreto que visa estabelecer um processo formal de investigação de incidentes na empresa, buscando prioritariamente o

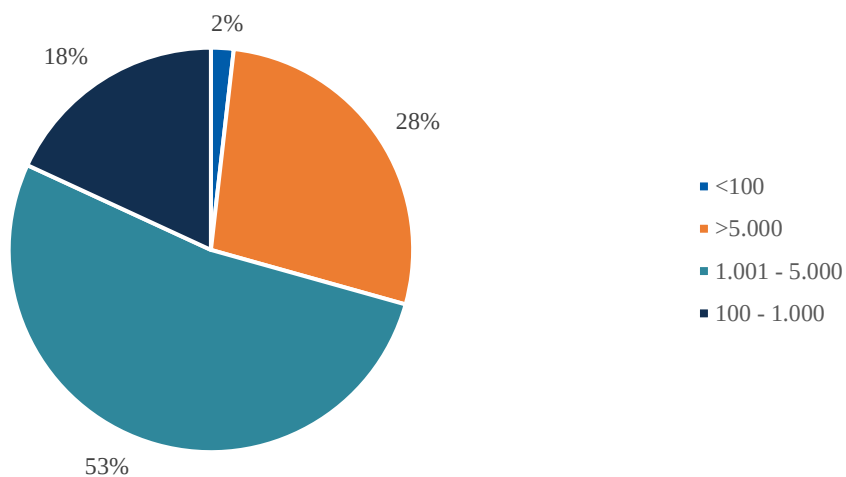
aprendizado com a experiência, de modo a minimizar ou mesmo evitar o acontecimento de eventos semelhantes na organização. Deve abordar os incidentes a serem apropriados, as análises a serem realizadas (técnicas aplicáveis), de acordo com a gravidade do incidente, a equipe necessária, o controle da implementação das recomendações da investigação, a abrangência na empresa como um todo e a comunicação às partes interessadas (internas e externas). Não deve ser um processo para atribuição de culpa, devendo sempre buscar as causas sistêmicas geradoras do incidente para tratamento.

- 18) Indicadores de desempenho (métricas): elemento abrangente que permeia os demais elementos do sistema RBPS, tanto é que todos possuem tópico específico para indicação de métricas aplicáveis. Aborda definição de indicadores de segurança efetivos, frequência de coleta de dados, análises e acompanhamento, visando conduzir à identificação prematura de desvios nos elementos de gestão, de modo a propiciar que correções sejam feitas antes da ocorrência de um incidente grave. Sugere implantação de indicadores de tendência (desvios recorrentes) e de efeito (desvios de menor ocorrência e de resultados). Para situações de maior risco deve-se avaliar com mais rigor a aplicação desse elemento.
- 19) Auditoria: elemento que objetiva estabelecer processo formal e independente de avaliação periódica da adequação de funcionamento dos sistemas de gestão implementados, em complemento a outras atividades de controle e monitoramento do sistema RBPS como métricas e análise de gestão. Compreende planejamento, alocação de pessoal, realização, documentação e acompanhamento das possíveis ações de melhorias apontadas.
- 20) Melhoria contínua (análise de gestão): elemento abrangente que permeia os demais elementos do sistema RBPS, tanto é que todos possuem tópico específico para indicação de análises de gestão aplicáveis. Elemento que busca uma atuação rotineira proativa da gestão e da liderança de segurança, fechando as lacunas dos sistemas de gestão que surgem no dia a dia da operação, antes mesmo da realização de uma auditoria formal. Reforça a importância da segurança e fortalece a cultura de segurança na organização, buscando um dos pontos fundamentais de um efetivo sistema de gestão que é a melhoria contínua.

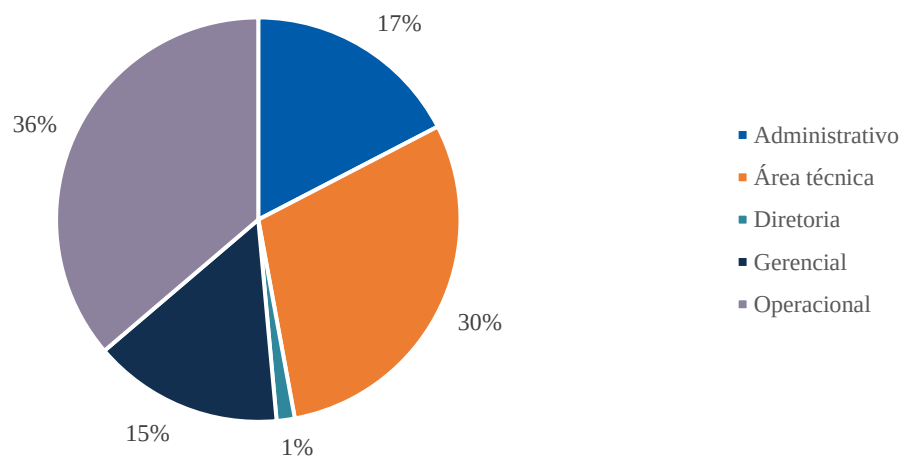
APÊNDICE D

RELATÓRIO DE RESPOSTAS AO FORMULÁRIO

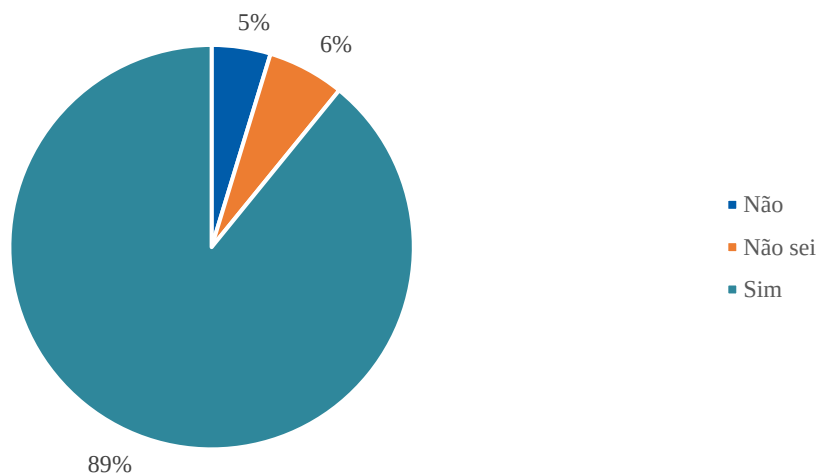
1) Aproximadamente quantos funcionários sua organização emprega (em todos os locais/unidades), incluindo próprios e terceiros?



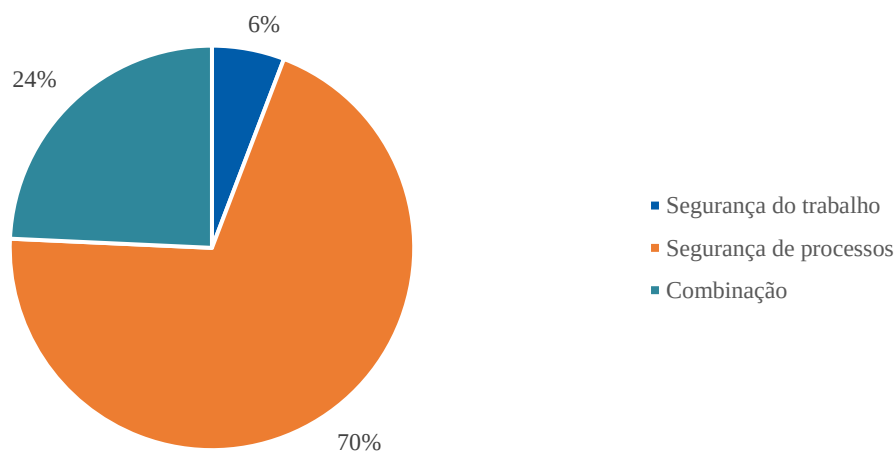
2) Sua função na empresa está em qual das opções abaixo?



3) Você sabe a diferença entre segurança de processo e segurança do trabalho?



4) Como você definiria segurança de processo?

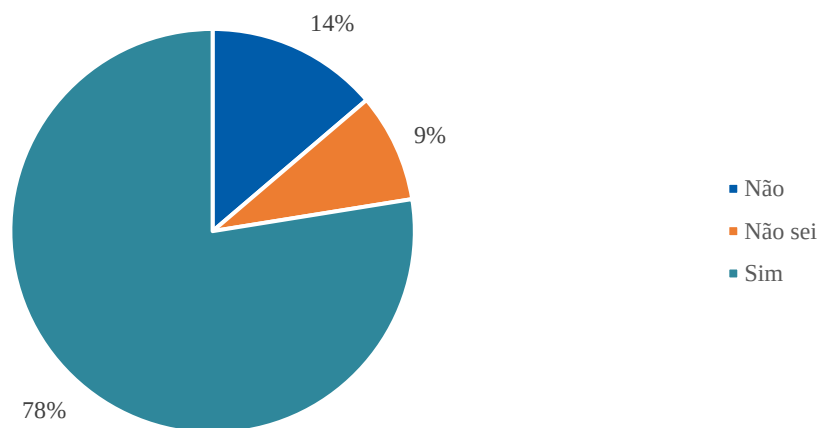


Segurança do trabalho - Consiste na análise de riscos e na orientação dos trabalhadores quanto ao uso de equipamentos de proteção individual e ao registro dos acidentes de trabalho.

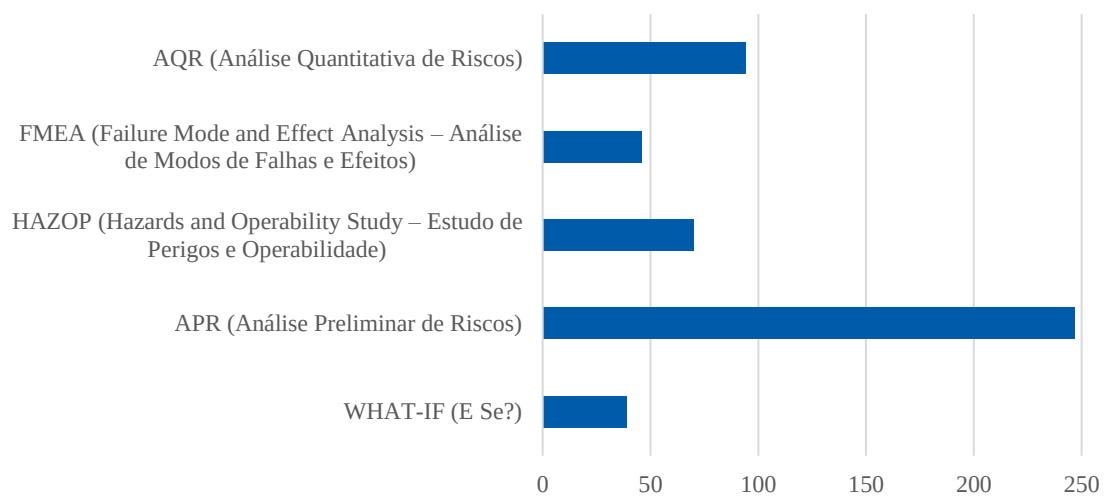
Segurança de processos - Consiste na prevenção, mitigação e resposta a eventos de perda de contenção primária de produtos perigosos, que têm potencial de gerar efeitos tóxicos, incêndio, sobrepressão ou explosão e que podem resultar em lesões pessoais, danos materiais, perda de produção ou impacto ambiental, através de um sistema de gestão que assegure a integridade das instalações de processo durante todo o seu ciclo de vida.

Combinação - É o conjunto de normas, práticas e procedimentos adotados, visando minimizar os acidentes de trabalho, doenças ocupacionais, bem como proteger a integridade e a capacidade de trabalho das pessoas envolvidas.

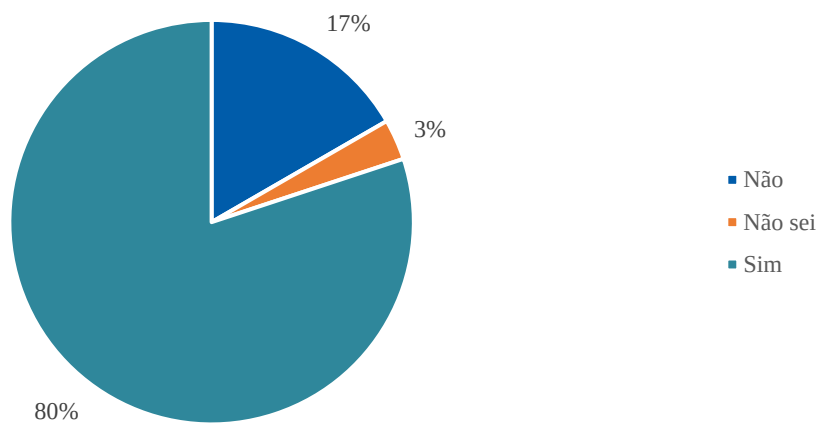
5) Existe, na sua organização, alguma área ou pessoa responsável pela segurança de processo?



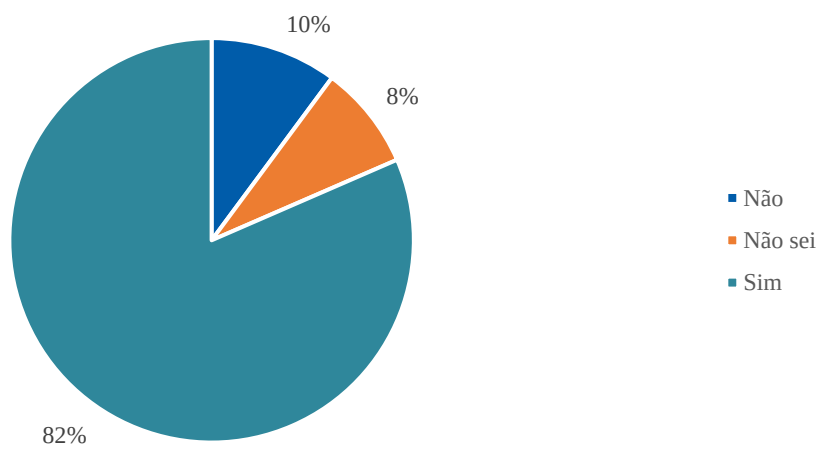
6) Quais as metodologias de análise de risco citadas abaixo são utilizadas pela sua organização?
Obs.: marcar quantas necessárias.



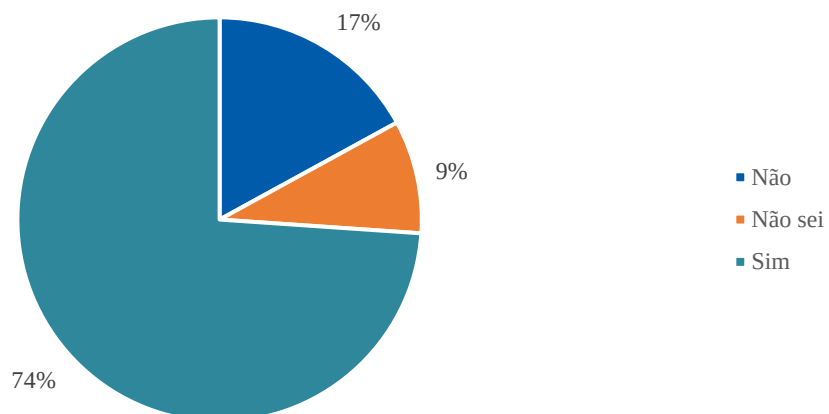
7) Você tem acesso e conhece os relatórios de análise de risco da sua empresa?



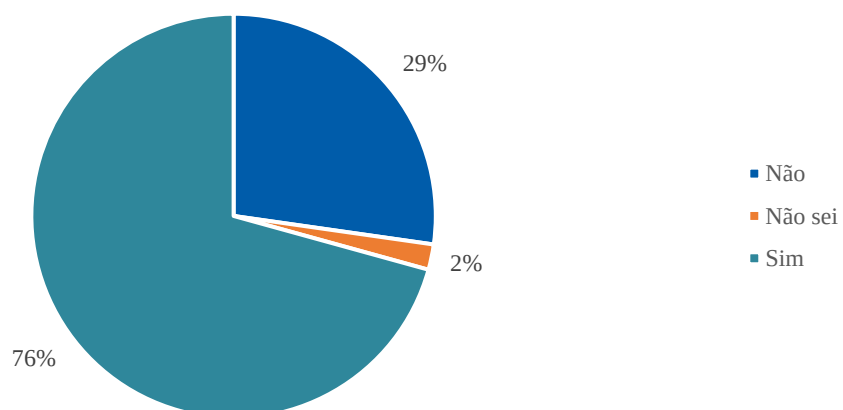
8) Sua organização registra e divulga internamente acidentes com vazamentos/perda de contenção primária?



9) As instalações industriais da sua organização possuem um sistema integrado de gestão de segurança de processo?



10) Você recebeu treinamento sobre o plano de resposta à emergência da sua organização/instalação?



APÊNDICE E

RELATÓRIO DE PLANILHAS – ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS (APR)

PRODUÇÃO DE ETANOL COMBUSTÍVEL

Título: IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE SEGURANÇA NA INDÚSTRIA BRASILEIRA DO ETANOL

Data: 25/06/2022

Participantes:

Fernanda Andrigo

Marilha Fernandes

Tanise Flores

Thyago Vieira

Notas:

** S Classificação dos riscos SEM recomendação

** C Classificação dos riscos COM recomendação

PREMISSAS	
1	Esta análise contempla os cenários onde há possibilidade de perda de contenção primária de produto perigoso.
2	Instrumentação local só pode ser considerada como detecção efetiva se a operação for assistida.
3	Ações como o uso correto de EPI, seguir procedimentos operacionais, planos de manutenção e treinamento, assim como chuveiros de emergência e lava-olhos não devem ser consideradas como salvaguardas na APR, exceto quando não forem procedimentos padrão, sendo desenvolvidos especificamente para prevenir ou mitigar o cenário de risco.
4	As análises realizadas para os equipamentos A aplicam-se aos equivalentes no trem B, C e D, quando não forem identificadas mudanças.
5	Os perigos relacionados a sistemas estabelecidos em projeto como salvaguardas, tais como os sistemas de ventilação e os sistemas de combate a incêndio, não serão tratados nesta análise. Em especial para os sistemas de combate a incêndio, entende-se que as medidas preventivas e mitigadoras relacionadas à perda de contenção nestes sistemas são previstas conforme o atendimento às normas e boas práticas de projeto aplicáveis a cada sistema. Os cenários associados a rede de combate a incêndio não serão analisados nesta APR, por se tratarem de salvaguardas dos demais cenários.
6	Recomendações gerais serão registradas nesta APR, para que melhorias possam ser utilizadas na implementação de sistema de gerenciamento de segurança na indústria do etanol.
7	Parte-se da premissa que os cenários de emergência, bem como as suas ações de resposta a emergência, devem estar contidos no Plano de Resposta a Emergências da Unidade de qualquer planta industrial de produção de etanol.

8	O presente estudo tem como fronteira a entrada da cana de açúcar na área de moagem, excluía assim a etapa de limpeza da cana quando houver, até o armazenamento final do etanol anidro e hidratado. Exclui-se também a produção de açúcar desta análise de risco
9	A detecção de gás, quando apontada como salvaguarda, refere-se à detecção dos gases CH ₄ , H ₂ S, O ₂ , H ₂ , CO e CO ₂ aplicáveis ao cenário. O detalhamento do tipo de detectores, parte-se do pressuposto, que estará contemplado na documentação de engenharia da unidade industrial, obrigatoriamente.
10	Cenários de ruptura de tubos no interior dos permutadores não serão analisados na APR, sendo analisados utilizando outra técnica de identificação de riscos, mas que estará fora deste estudo. Esta consideração não se aplica em caso de falha não revelada com potencial de causar danos às pessoas ou ao meio ambiente em caso de perda de contenção do fluido que passa pelo lado casco.
11	Todo o cenário "Moderado" onde não houver recomendação têm-se que a equipe da análise considera que os meios de detecção e/ou salvaguardas existentes são considerados suficientes para prevenir/mitigar as consequências do respectivo cenário acidental, obedecendo ao conceito "ALARP - As Low As Reasonably Practicable"
12	O objetivo desta análise é avaliar o desenvolvimento dos cenários após a perda de contenção, desta forma a sobrepressão não foi listada como causa de ruptura de linhas e equipamentos. As causas e as salvaguardas preventivas associadas ao desvio sobrepressão devem ser avaliados em outro tipo de estudo de identificação de risco, fora do escopo deste estudo.
13	O escopo desta análise são os cenários de perda de contenção de fluidos perigosos oriundos de uma planta industrial típica de produção de etanol combustível. Desta forma, não foram incluídos os perigos relacionados às atividades desempenhadas no laboratório, pois tratam-se de perigos relacionados à segurança ocupacional.

Nº	RECOMENDAÇÕES	SISTEMA
R01	Considerar crítico o tanque e os trechos até a cuba, priorizando inspeção e manutenção.	4
R02	Considerar procedimentos operacional crítico o manuseio de ácido sulfúrico.	4

Nº	OBSERVAÇÕES
OB01	Considera-se presença de operador na área, por isso a detecção visual foi considerada.
OB02	Considera-se a existência de um instrumento de nível com intertravamento de nível baixo isolando inventário por fechamento de SDV
OB03	Considera-se a existência de um instrumento de pressão na descarga da bomba de transferência e na caldeira com intertravamento de pressão baixa fechando a válvula de admissão.
OB04	Considerou-se as informações contidas em https://ceca.ufal.br/pt-br/pos-graduacao/energia-da-biomassa/documentos/dissertacoes-ppgeb/dissertacoes-arquivos/MAGDA%20CORREIA%20DOS%20SANTOS.pdf
OB05	A frequência de ocorrência levou em consideração que a área de fermentação é um local aberto e naturalmente ventilado.
OB06	Considera-se a existência de um instrumento de pressão na descarga da bomba de transferência com intertravamento de pressão baixa fechando a válvula de admissão.

OB07	Considera-se a existência de um instrumento de nível instalado na coluna de destilação com intertravamento de nível baixo isolando inventário por fechamento de SDV
OB08	Considera-se a existência de um instrumento de pressão na coluna de destilação com intertravamento de pressão baixa fechando a válvula de admissão.
OB09	Considera-se a característica poluente de corpo hídrico da vinhaça https://pt.wikipedia.org/wiki/Vinhoto
OB10	Considera-se operação assistida o procedimento de transferência de produto para caminhão através de bomba, por isso a detecção visual foi considerada.
OB11	Considera-se a existência de um instrumento de pressão instalado na descarga da bomba com intertravamento de pressão baixa parando a bomba de carregamento de etanol

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS (APR)

Empreendimento:	PLANTA TÍPICA DE PRODUÇÃO DE ETANOL COMBUSTÍVEL										Revisão: 0	Data:	25/06/2022		
Sistema/Subsistema:	1	Moagem										Documentos:			
Trecho:	Desde: - Picador de cana de açúcar Passando por: - Desfibrador, eletroímã, moenda, decantador Até: - bomba de transferência de caldo para tratamento										Fluxograma de Processo - Açúcar e Álcool				
Perigo	Causa	Possíveis Efeitos	Detecção (D) /	**	Freq.	Pessoal		Instalação		M. Amb.		Imagem		Recomendações (R) e Observação (OB)	Cenário
			Salvaguada Mitigadora (SM) /			S	R	S	R	S	R	S	R		
			Salvaguada Preventiva (SP)												
Pequena Liberação de Caldo	Vazamentos em linhas, flanges, selo de bomba, conexões, válvulas devido a corrosão, fadiga, impacto mecânico, falha de montagem, materiais inadequados	Sem consequências relevantes		S											
				C											
Grande Liberação de Caldo	Ruptura de linhas, flanges, válvulas, devido a corrosão, fadiga, impacto mecânico, falha de montagem ou materiais inadequados	Sem consequências relevantes		S											
				C											

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS (APR)

Empreendimento:	PLANTA TÍPICA DE PRODUÇÃO DE ETANOL COMBUSTÍVEL												Revisão: 0	Data:	25/06/2022
Sistema/Subsistema:	2		Cogeração										Documentos:		
Trecho:	Desde: - Caldeira - Turbina - Sistema de desaeração e tratamento de água de caldeira Até: - Sobra (pilha) do bagaço de cana												Fluxograma de Processo - Açúcar e Álcool		
Perigo	Causa	Possíveis Efeitos	Detecção (D) /	**	Freq.	Pessoal		Instalação		M. Amb.		Imagem		Recomendações (R) e Observação (OB)	Cenário
			Salvaguarda Mitigadora (SM) /												
			Salvaguarda Preventiva (SP)			S	R	S	R	S	R	S	R		
Pequena liberação de produtos químicos tóxicos - para tratamento de água de caldeira	Vazamento em flanges, conexões, válvulas, tomadas de instrumento, tubulações e equipamentos, por falha de manutenção, corrosão, falha ou fadiga térmica de material	- Lesões leves a pessoas, por queimadura química	- Visual (D) - Bacia de contenção dos tanques de produto químico (SM)	S	C	II	T	II	T	I	T	II	T	OB01 - Considera-se presença de operador na área, por isso a detecção visual foi considerada.	2.1
				C											
Grande liberação de produtos químicos tóxicos - para tratamento de água de caldeira	Rupturas em equipamentos, linhas, flanges, conexões, válvulas devido a corrosão, fadiga, impacto mecânico, falha de montagem ou materiais inadequados	- Lesões graves a pessoas, por queimadura química - Contaminação do solo	- Visual (D) - Bacia de contenção dos tanques de produto químico (SM) - Monitoramento de variáveis de processo na sala de controle (D)	S	B	III	T	II	T	I	T	III	T	OB01 - Considera-se presença de operador na área, por isso a detecção visual foi considerada.	2.2
				C											
Pequena liberação de vapor de água (acima de 100°C)	Vazamento em flanges, conexões, válvulas, tomadas de instrumento, tubulações e equipamentos, por falha de manutenção, corrosão, falha ou fadiga térmica de material	- Lesões leves a pessoas, por queimadura	- Visual (D)	S	D	II	M	II	M	I	T	II	M	OB01 - Considera-se presença de operador na área, por isso a detecção visual foi considerada.	2.3
				C											
Grande liberação de vapor de água (acima de 100°C)	Rupturas em equipamentos, linhas, flanges, conexões, válvulas devido a corrosão, fadiga, impacto mecânico, falha de montagem ou materiais inadequados	- Lesões graves a pessoas, por queimadura	- Visual (D) - Monitoramento de variáveis de processo na sala de controle (D) - PIT com PSLI fechando SDV para isolar inventário e parando turbina (SM)	S	B	III	T	II	T	I	T	III	T	OB01 - Considera-se presença de operador na área, por isso a detecção visual foi considerada.	2.4
				C											

Pequena liberação de água aquecida e pressurizada	Vazamento em flanges, conexões, válvulas, tomadas de instrumento, tubulações e equipamentos, por falha de manutenção, corrosão, falha ou fadiga térmica de material	- Lesões leves a pessoas, por queimadura	- Visual (D)	S	D	II	M	II	M	I	T	II	M	OB01 - Considera-se presença de operador na área, por isso a detecção visual foi considerada.	2.5
				C											
Grande liberação de água aquecida e pressurizada	Ruptura em flanges, conexões, válvulas, tomadas de instrumento, tubulações e equipamentos, por falha de manutenção, corrosão, material inadequado, falha ou fadiga térmica de material	- Lesões graves a pessoas, por queimadura	- Visual (D) - Monitoramento de variáveis de processo na sala de controle (D) - PIT com PSSLL fechando SDV para isolar inventário e parando turbina (SM) - LIT com LSSL fechando SDV (SM)	S	B	III	T	II	T	I	T	III	T	OB02 - Considera-se a existência de um instrumento de nível com intertravamento de nível baixo isolando inventário por fechamento de SDV OB03 - Considera-se a existência de um instrumento de pressão na descarga da bomba de transferência e na caldeira com intertravamento de pressão baixa fechando a válvula de admissão. OB01 - Considera-se presença de operador na área, por isso a detecção visual foi considerada.	2.6
				C											
Grande liberação de bagaço de cana quente	Ruptura de equipamentos (esteira transportadora)	- Incêndio	- Visual (D) - Sistema de combate a incêndio (SM) - Sistema de detecção de fogo próximo a área de cogeração (D/SM)	S	B	III	T	III	T	I	T	III	T	OB01 - Considera-se presença de operador na área, por isso a detecção visual foi considerada.	2.7
				C											

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS (APR)

Empreendimento:	PLANTA TÍPICA DE PRODUÇÃO DE ETANOL COMBUSTÍVEL												Revisão: 0	Data:	25/06/2022
Sistema/Subsistema:	3		Tratamento do Caldo										Documentos:		
Trecho:	Desde: - Sistema de sulfitação do caldo Passando por: - Aquecedores - Decantadores - Tanque de preparo de polímero - Bombas de lodo / tanque de lodo / filtros Até: - Tanque de caldo clarificado - Caixa de xarope												Fluxograma de Processo - Açúcar e Álcool		
Perigo	Causa	Possíveis Efeitos	Detecção (D) /	**	Freq.	Pessoal		Instalação		M. Amb.		Imagem		Recomendações (R) e Observação (OB)	Cenário
			Salvaguarda Mitigadora (SM) /												
			Salvaguarda Preventiva (SP)			S	R	S	R	S	R	S	R		
Pequena liberação de produtos químicos tóxicos (polímero floculante)	Vazamentos em linhas, flanges, selo de bomba, conexões, válvulas devido a corrosão, fadiga, impacto mecânico, falha de montagem, materiais inadequados	- Lesões leves a pessoas, por queimaduras	- Visual (D)	S	C	II	T	II	T	I	T	II	T	OB01 - Considera-se presença de operador na área, por isso a detecção visual foi considerada.	3.1
				C											
Grande liberação de produtos químicos tóxicos (polímero floculante)	Ruptura de linhas, flanges, válvulas, devido a corrosão, fadiga, impacto mecânico, falha de montagem ou materiais inadequados	- Lesões graves a pessoas, por queimaduras	- Visual (D) - Bacia de contenção (SM) - Monitoramento de variáveis de processo na sala de controle (D)	S	B	III	T	II	T	I	T	III	T	OB01 - Considera-se presença de operador na área, por isso a detecção visual foi considerada.	3.2
				C											
Pequena liberação de caldo quente (temperatura de 110°C)	Vazamentos em linhas, flanges, selo de bomba, conexões, válvulas devido a corrosão, fadiga, impacto mecânico, falha de montagem, materiais inadequados	- Lesões leves a pessoas, por queimaduras	- Visual (D)	S	C	II	T	II	T	I	T	II	T	OB01 - Considera-se presença de operador na área, por isso a detecção visual foi considerada.	3.3
				C											
Grande liberação de caldo quente (temperatura de 110°C)	Ruptura de linhas, flanges, válvulas, devido a corrosão, fadiga, impacto mecânico, falha de montagem ou materiais inadequados	- Lesões graves a pessoas, por queimaduras	- Visual (D) - Bacia de contenção (SM) - Monitoramento de variáveis de processo na sala de controle (D)	S	B	III	T	II	T	I	T	III	T	OB01 - Considera-se presença de operador na área, por isso a detecção visual foi considerada.	3.4
				C											

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS (APR)

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS (APR)																
Empreendimento:	PLANTA TÍPICA DE PRODUÇÃO DE ETANOL COMBUSTÍVEL										Revisão: 0			Data:		25/06/2022
Sistema/Subsistema:	4	Fermentação										Documentos:				
Trecho:	Desde: - Bombas de caldo clarificado (após tratamento) Passando por: - Dornas de fermentação - Tanque de ácido sulfúrico - Tanque de dispersante - Tanque de antiespumante Até: - Bombas de transferência de vinho para destilação										Fluxograma de Processo - Açúcar e Álcool					
Cenário Perigoso	Possíveis Causas	Possíveis Consequências	Detecção (D) /	**	Freq.	Pessoal		Instalação		M. Amb.		Imagem		Recomendações (R) e Observação (OB)	Cenário	
			Salvaguarda Mitigadora (SM) /													
			Salvaguarda Preventiva (SP)			S	R	S	R	S	R	S	R			
Pequena liberação de produto corrosivo e tóxico (ácido sulfúrico - 98% m/m*)	Vazamento em flanges, conexões, válvulas, tomadas de instrumento, tubulações e equipamentos - entre o tanque de alimentação e as cubas de preparo do fermento.	- Lesões graves a pessoas, por queimadura química.	- Visual (D) - Bacia de contenção dos tanques de ácido sulfúrico (SM)	S	C	III	M	II	T	I	T	III	M	R01 - Considerar crítico o tanque e os trechos até a cuba, priorizando inspeção e manutenção. R02 - Considerar procedimentos operacional crítico o manuseio de ácido sulfúrico. OB01 - Considera-se presença de operador na área, por isso a detecção visual foi considerada. OB04 - Considerou-se as informações contidas em * https://ceca.ufal.br/pt-br/pos-graduacao/energia-da-biomassa/documentos/dissertacoes-pggeb/dissertacoes-arquivos/MAGDA%20CORREIA%20DOS%20SANTOS.pdf	4.1	
Grande liberação de produto corrosivo e tóxico (ácido	Ruptura em conexões, flanges, válvulas, tomadas de instrumento,	- Lesões graves a pessoas, por queimadura	- Visual (D) - Bacia de contenção dos tanques de	S	C	IV	M	II	T	III	M	IV	M	R01 - Considerar crítico o tanque e os trechos até a cuba, priorizando inspeção e manutenção. R02 - Considerar procedimentos operacional crítico o manuseio de ácido sulfúrico.	4.2	

sulfúrico - 98% m/m*)	tubulações e equipamentos - entre o tanque de alimentação e as cubas de preparo do fermento.	química. - Poluição do meio ambiente	ácido sulfúrico (SM) - Monitoramento de variáveis de processo na sala de controle (D)	C	B	IV	M	II	T	III	T	IV	M	OB01 - Considera-se presença de operador na área, por isso a detecção visual foi considerada. OB04 - Considerou-se as informações contidas em * https://ceca.ufal.br/pt-br/pos-graduacao/energia-da-biomassa/documentos/dissertacoes-pggeb/dissertacoes-arquivos/MAGDA%20CORREIA%20DOS%20SANTOS.pdf	
Pequena liberação de produto asfixiante (CO2), produto da fermentação	Vazamento em conexões, flanges, tomadas de instrumento, tubulações e dorna.	- Lesões leves a pessoas, por asfixia.	- Sensores de gás na área de fermentação (D)	S	C	II	T	II	T	I	T	II	T	OB05 - A frequência de ocorrência levou em consideração que a área de fermentação é um local aberto e naturalmente ventilado.	4.3
				C											
Grande liberação de produto asfixiante (CO2), produto da fermentação	Ruptura em conexões, flanges, válvulas, tomadas de instrumento, tubulações e equipamentos	- Lesões graves a pessoas, por asfixia.	- Sensores de gás na área de fermentação (D)	S	B	IV	M	III	T	I	T	IV	M	OB05 - A frequência de ocorrência levou em consideração que a área de fermentação é um local aberto e naturalmente ventilado.	4.4
				C											
Pequena liberação de fermento acidificado (pH de 2,0-2,5)	Vazamento em conexões, flanges, tomadas de instrumento, tubulações e dorna.	- Lesões leves a pessoas, por queimadura química	- Visual (D)	S	C	II	T	I	T	I	T	II	T	OB01 - Considera-se presença de operador na área, por isso a detecção visual foi considerada.	4.5
				C											
Grande liberação de fermento acidificado (pH de 2,0-2,5)	Ruptura em conexões, flanges, válvulas, tomadas de instrumento, tubulações e equipamentos	- Lesões graves a pessoas, por queimadura química	- Visual (D)	S	B	III	T	III	T	I	T	III	T	OB01 - Considera-se presença de operador na área, por isso a detecção visual foi considerada.	4.6
				C											
Pequena liberação de produto químico tóxico (antiespumante e dispersante)	Vazamento em conexões, flanges, tomadas de instrumento, tubulações e dorna.	- Lesões leves a pessoas, por queimadura química	- Visual (D)	S	C	II	T	I	T	I	T	II	T	OB01 - Considera-se presença de operador na área, por isso a detecção visual foi considerada.	4.7
				C											
Grande liberação de produto químico tóxico (antiespumante e dispersante)	Ruptura em conexões, flanges, válvulas, tomadas de instrumento, tubulações e equipamentos	- Lesões graves a pessoas, por queimadura química	- Visual (D)	S	B	III	T	III	T	I	T	III	T	OB01 - Considera-se presença de operador na área, por isso a detecção visual foi considerada.	4.8
				C											

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS (APR)

Empreendimento:	PLANTA TÍPICA DE PRODUÇÃO DE ETANOL COMBUSTÍVEL												Revisão: 0	Data:	25/06/2022	
Sistema/Subsistema:	5	Destilação												Documentos:		
Trecho:	Desde: - Caixa de vinho Passando por: - Colunas de destilação - Condensadores - Refervedores Até: - Bomba de transferência para desidratação												Fluxograma de Processo - Açúcar e Álcool			
Cenário Perigoso	Possíveis Causas	Possíveis Consequências	Detecção (D) /	**	Freq.	Pessoal		Instalação		M. Amb.		Imagem		Recomendações (R) e Observação (OB)	Cenário	
			Salvaguarda Mitigadora (SM) /													
			Salvaguarda Preventiva (SP)			S	R	S	R	S	R	S	R			
Pequena liberação de líquidos inflamáveis (etanol combustível)	Vazamento em conexões, flanges, válvulas, tomadas de instrumento, tubulações e equipamentos.	- Incêndio em poça - Incêndio em nuvem - Incêndio em jato	- Visual (D) - Sistema de combate a incêndio (SM) - Sistema de drenagem de área classificada (SM)	S	D	II	M	II	M	I	T	II	M	OB01 - Considera-se presença de operador na área, por isso a detecção visual foi considerada.	5.1	
				C												
Grande liberação de líquidos inflamáveis (etanol combustível)	Ruptura em conexões, flanges, válvulas, tomadas de instrumento, tubulações e equipamentos.	- Incêndio em poça - Incêndio em nuvem - Incêndio em jato - Lesões graves a	- Visual (D) - Monitoramento de variáveis de processo na sala de controle (D) - Sistema de combate a incêndio (SM) - Sistema de detecção de fogo próximo a área de	S	C	IV	M	IV	M	I	T	IV	M	OB07 - Considera-se a existência de um instrumento de nível instalado na coluna de destilação com intertravamento de nível baixo isolando inventário por fechamento de SDV OB06 - Considera-se a existência de um instrumento de pressão na descarga da bomba de transferência com	5.2	

		peessoas, por queimaduras	destilação (D/SM) - Sistema de drenagem de área classificada (SM) - LIT com LSSL fechando SDV e isolando inventário, na coluna de destilação (SM) - PIT com PSLI fechando SDV para isolar inventário e parando bomba de transferência (SM) - PIT com PSLI, na coluna de destilação, fechando SDV para isolar inventário (SM)	C											intertravamento de pressão baixa fechando a válvula de admissão. OB01 - Considera-se presença de operador na área, por isso a detecção visual foi considerada.	
Pequena liberação de gases inflamáveis (vapores de topo da destilação com etanol)	Vazamento em conexões, flanges, válvulas, tomadas de instrumento, tubulações e equipamentos.	- Incêndio em nuvem - Incêndio em jato	- Sistema de combate a incêndio (SM)	S	D	II	M	II	M	I	T	II	M		5.3	
				C												
Grande liberação de gases inflamáveis (vapores de topo da destilação com etanol)	Ruptura em conexões, flanges, válvulas, tomadas de instrumento, tubulações e equipamentos.	- Incêndio em nuvem - Incêndio em jato - Explosão - Lesões graves a pessoas, por queimaduras	- Sistema de combate a incêndio (SM) - Monitoramento de variáveis de processo na sala de controle (D) - Sistema de drenagem de área classificada (SM) - PIT com PSLI fechando SDV para isolar inventário, na coluna de destilação (SM) - Sistema de detecção de fogo próximo a área de destilação (D/SM)	S	B	IV	M	IV	M	I	T	IV	M		5.4	
				C												
Pequena liberação de líquidos altamente poluentes (vinhaça*) e aquecidos acima de 100 °C.	Vazamento em conexões, flanges, válvulas, tomadas de instrumento, tubulações e equipamentos.	- Lesões moderadas a pessoas, por queimaduras	- Visual (D) - Sistema de drenagem de área classificada (SM)	S	C	III	M	II	T	I	T	III	M		5.5	

				C										instrumento de pressão na descarga da bomba de transferência com intertravamento de pressão baixa fechando a válvula de admissão. OB01 - Considera-se presença de operador na área, por isso a detecção visual foi considerada. OB09 - Considera-se a característica poluente de corpo hídrico da vinhaça* https://pt.wikipedia.org/wiki/Vinhoto	
Grande liberação de líquidos altamente poluentes (vinhaça*) e aquecidos acima de 100 °C.	Ruptura em conexões, flanges, válvulas, tomadas de instrumento, tubulações e equipamentos.	- Poluição do corpo hídrico. - Lesões graves a pessoas, por queimaduras	- Visual (D) - Monitoramento de variáveis de processo na sala de controle (D) - Sistema de drenagem de área classificada (SM) - LIT com LSSL fechando SDV, na coluna de destilação (SM) - PIT com PSLI fechando SDV para isolar inventário e parando bomba de transferência (SM)	S	C	III	M	II	T	IV	M	IV	M	OB07 - Considera-se a existência de um instrumento de nível instalado na coluna de destilação com intertravamento de nível baixo isolando inventário por fechamento de SDV OB06 - Considera-se a existência de um instrumento de pressão na descarga da bomba de transferência com intertravamento de pressão baixa fechando a válvula de admissão. OB01 - Considera-se presença de operador na área, por isso a detecção visual foi considerada. OB09 - Considera-se a característica poluente de corpo hídrico da vinhaça* https://pt.wikipedia.org/wiki/Vinhoto	5.6
				C											

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS (APR)

Empreendimento:	PLANTA TÍPICA DE PRODUÇÃO DE ETANOL COMBUSTÍVEL												Revisão: 0	Data:	25/06/2022	
Sistema/Subsistema:	6		Desidratação do álcool										Documentos:			
Trecho:	Desde: - Colunas de extração e destilação - Tanque de ciclohexano Até: - Bombas de transferência para tanque de armazenamento												Fluxograma de Processo - Açúcar e Álcool			
Perigo	Causa	Possíveis Efeitos	Detecção (D) /	**	Freq.	Pessoal		Instalação		M. Amb.		Imagem		Recomendações (R) e Observação (OB)	Cenário	
			Salvaguada Mitigadora (SM) /			S	R	S	R	S	R	S	R			
			Salvaguada Preventiva (SP)													
Pequena liberação de líquido inflamável (etanol hidratado ou etanol anidro)	Furos em linhas e equipamentos	-Incêndio em Nuvem -Incêndio em Jato -Incêndio em poça	-Visual (D) -Sistema de detecção de fogo próximo a área de desidratação (D/SM) -Sistema de combate a incêndio (SM) - Sistema de drenagem de área classificada (SM)	S	C	II	T	II	T	I	T	II	T		6.1	
	Vazamentos em linhas, flanges, válvulas (incluindo pontos de coleta de amostras), bombas (selo), linhas de instrumentos devido a corrosão, fadiga, impacto mecânico, falha de montagem, materiais inadequados			C												
Grande liberação de líquido inflamável (etanol hidratado ou etanol anidro)	Ruptura em linhas, flanges, válvulas, equipamentos, devido a corrosão, fadiga, impacto mecânico, falha de montagem, materiais inadequados	-Incêndio em Nuvem -Incêndio em Jato -Incêndio em poça -Explosão -Lesões pessoais por queimadura	- Visual (D) - Sistema de detecção de fogo próximo a área de desidratação (D/SM) - Sistema de combate a incêndio (SM) - Monitoramento de variáveis de processo na sala de controle (D) - PIT com PALL/PSLL	S	B	IV	M	IV	M	I	T	IV	M	OB06 - Considera-se a existência de um instrumento de pressão na descarga da bomba de transferência com intertravamento de pressão baixa fechando a válvula de admissão. OB07 - Considera-se a existência de um instrumento de nível instalado na coluna de destilação com intertravamento de nível baixo	6.2	

			instalado na coluna de destilação fechando SDVs (D/S) - PIT com PALL/PSLL instalado na descarga de bomba parando a transferência (D/S) - LIT com LSLI instalado na coluna de destilação intertravando com as SDVs do inventário (D/S)	C										isolando inventário por fechamento de SDV OB08 - Considera-se a existência de um instrumento de pressão na coluna de destilação com intertravamento de pressão baixa fechando a válvula de admissão.	
Pequena liberação de produto químico tóxico e inflamável (ciclohexano)	Furos em linhas e equipamentos Vazamentos em linhas, flanges, válvulas (incluindo pontos de coleta de amostras), bombas (selo), linhas de instrumentos devido a corrosão, fadiga, impacto mecânico, falha de montagem, materiais inadequados	-Incêndio em Nuvem -Incêndio em Jato -Incêndio em poça	- Visual (D) - Sistema de detecção de gás próximo a área de desidratação (D/SM) - Sistema de detecção de fogo próximo a área de desidratação (D/SM) - Sistema de combate a incêndio (SM) - Sistema de drenagem de área classificada (SM)	S	C	II	T	II	T	I	T	II	T		6.3
				C											
Grande liberação de produto químico tóxico e inflamável (ciclohexano)	Ruptura em linhas, flanges, válvulas, equipamentos, devido a corrosão, fadiga, impacto mecânico, falha de montagem, materiais inadequados	-Incêndio em Nuvem- Incêndio em Jato-Incêndio em poça- Explosão- Lesões pessoais por queimadura	- Visual (D) - Sistema de detecção de fogo próximo a área de desidratação (D/SM) - Sistema de combate a incêndio (SM) - Monitoramento de variáveis de processo na sala de controle (D) - PIT com PALL/PSLL na coluna de extração fechando a SDV para isolar o inventário (D/S)	S	B	IV	M	IV	M	I	T	IV	M	OB07 - Considera-se a existência de um instrumento de nível instalado na coluna de destilação com intertravamento de nível baixo isolando inventário por fechamento de SDV OB08 - Considera-se a existência de um instrumento de pressão na coluna de destilação com intertravamento de pressão baixa fechando a válvula de admissão.	6.4

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS (APR)

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS (APR)															
Empreendimento:	PLANTA TÍPICA DE PRODUÇÃO DE ETANOL COMBUSTÍVEL											Revisão: 0	Data:	25/06/2022	
Sistema/Subsistema:	7	Armazenamento de álcool										Documentos:			
Trecho:	Desde: - Tanques de armazenamento de álcool hidratado - Tanques de armazenamento de álcool anidro Até: - Bombas de carregamento											Fluxograma de Processo - Açúcar e Álcool			
Perigo	Causa	Possíveis Efeitos	Detecção (D) /	**	Freq.	Pessoal		Instalação		M. Amb.		Imagem		Recomendações (R) e Observação (OB)	Cenário
			Salvaguarda Mitigadora (SM) /			S	R	S	R	S	R	S	R		
			Salvaguarda Preventiva (SP)												
Pequena liberação de líquido inflamável (etanol hidratado ou etanol anidro)	Furos em linhas e equipamentos Vazamentos em linhas, flanges, válvulas (incluindo pontos de coleta de amostras), bombas (selo), linhas de instrumentos devido a corrosão, fadiga, impacto mecânico, falha de montagem, materiais inadequados	-Incêndio em Nuvem -Incêndio em Jato -Incêndio em poça	- Visual (D) - Sistema de detecção de fogo próximo a área de tancagem (D/SM) - Bacias de contenção dos tanques de etanol e bombas de carregamento (SM) - Sistema de combate a incêndio (SM) - Sistema de drenagem de área classificada (SM)	S	C	II	T	II	T	I	T	II	T	OB10 - Considera-se operação assistida o procedimento de transferência de produto para caminhão através de bomba, por isso a detecção visual foi considerada.	7.1
				C											
Grande liberação de líquido inflamável (etanol hidratado ou etanol anidro)	Ruptura em linhas, flanges, válvulas, equipamentos, devido a corrosão, fadiga, impacto mecânico, falha de montagem, materiais inadequados	-Incêndio em Nuvem -Incêndio em Jato -Incêndio em poça	- Visual (D) - Monitoramento de variáveis de processo na sala de controle (D) - Sistema de detecção de gás próximo a área de tancagem	S	B	IV	M	IV	M	I	T	IV	M	OB10 - Considera-se operação assistida o procedimento de transferência de produto para caminhão através de bomba, por isso a	7.2

		-Explosão -Lesões pessoais por queimadura	(D/SM) - Sistema de drenagem de área classificada (SM) - PIT com PALL/PSLL parando a bomba de carregamento (D/S) - Bacias de contenção dos tanques de etanol e bombas de carregamento (SM) - Sistema de combate a incêndio (SM)	C										detecção visual foi considerada. OB11 - Considera-se a existência de um instrumento de pressão instalado na descarga da bomba com intertravamento de pressão baixa parando a bomba de carregamento de etanol	
Pequena liberação de gás inflamável (vapores de etanol hidratado ou etanol anidro)	Furos em linhas e equipamentos Vazamentos em linhas, flanges, válvulas (incluindo pontos de coleta de amostras), bombas (selo), linhas de instrumentos devido a corrosão, fadiga, impacto mecânico, falha de montagem, materiais inadequados	-Incêndio em Nuvem - Incêndio em Jato - Incêndio em poça	- Visual (D) - Sistema de detecção de gás próximo a área de tancagem (D/SM) - Sistema de detecção de fogo próximo a área de tancagem (D/SM) - Sistema de combate a incêndio (SM)	S	C	II	T	II	T	I	T	II	T	OB10 - Considera-se operação assistida o procedimento de transferência de produto para caminhão através de bomba, por isso a detecção visual foi considerada.	7.3
				C											

ANEXO 1

Figura A1.1 – Matriz de risco utilizada no trabalho.

						Categorias de frequência					
Descrição / características						A Extremamente remota	B Remota	C Pouco provável	D Provável	E Frequente	
						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: Norma Petrobras N-2782 (Revisão D – 08/2015).

ANEXO 2

Figura A2.1 – Fluxograma esquemático do processo de produção de etanol e açúcar.

