

Pós-Graduação

Segurança de Processos



PERENIZAÇÃO DAS LIÇÕES APRENDIDAS EM ACIDENTES DE SEGURANÇA DE PROCESSO

Alexandre A. Madureira, Cléber L. Chaves, Fabio P. Filho, Marília C. Camargo e Rafael Feller

RESUMO

A segurança de processo é uma preocupação fundamental em diversas indústrias, especialmente aquelas que lidam com substâncias perigosas ou operam processos complexos. Infelizmente, acidentes de segurança de processo podem ocorrer, resultando em danos humanos, ambientais e econômicos significativos. A fim de se evitar a repetição de acidentes, é essencial analisar as suas causas e identificar as falhas ocorridas. Com isto, é possível implementar medidas corretivas para evitar a repetição desses eventos no futuro, além disso o compartilhamento de informações com outras organizações, setores e profissionais, contribui para um ambiente de trabalho mais seguro em toda a indústria. O presente estudo foi conduzido por meio de uma revisão da literatura, abrangendo as edições do Process Safety Beacon do Center for Chemical Process Safety (CCPS) dos últimos cinco anos, com o objetivo de demonstrar quais são os elementos do RBPS (Risk Based Process Safety) que mais contribuíram (falharam) para a ocorrência das causas-raiz dos acidentes analisados. A metodologia utilizada para a coleta de dados foi a elaboração de um fluxograma direcionado a identificar os elementos que mais contribuíram para os eventos acidentais. Os dados coletados foram compilados em uma planilha, onde foi possível, além analisar os elementos e pilares envolvidos, a elaboração de associações relacionadas aos eventos acidentais. Os resultados obtidos apontaram como os maiores contribuintes para os eventos acidentais os elementos: Práticas de Trabalho Seguro, Procedimentos Operacionais e Identificação de Perigos e Análise de Risco. O pilar identificado como maior contribuinte foi o de Gestão de Risco. Também foram realizadas associações de falhas dos elementos com o tipo de evento, com o tipo de instalação e com o tipo de sistema. Diante dos resultados obtidos neste estudo, o elemento que mais contribuiu para a ocorrência dos eventos acidentais foi o de Práticas de Trabalho Seguro, dentro do pilar de Gestão de Risco. Esta constatação demonstrou a necessidade de uma maior atenção nas práticas de gestão de risco, em especial com as práticas de trabalho seguro.

Palavras-chave: Segurança de Processo, Causa-raiz, Process Safety Beacon, Lições Aprendidas

ABSTRACT

Process safety is a key concern in many industries, especially those that deal with hazardous substances or operate complex processes. Unfortunately, process safety accidents can occur, resulting in significant human, environmental and economic damage. In order to avoid the repetition of accidents, it is essential to analyze their causes and identify the failures that occurred. With this, it is possible to implement corrective measures to avoid the repetition of these events in the future, in addition, sharing information with other organizations, sectors and professionals, contributes to a safer working environment throughout the industry. The present study was conducted through a literature review, covering the editions of the Process Safety Beacon from the Center for Chemical Process Safety (CCPS) over the past five years, with the aim of demonstrating what are the elements of the RBPS (Risk Based Process Safety) that most contributed (failed) to the occurrence of the root causes of the accidents analyzed. The methodology used for data collection was the creation of a flowchart aimed at identifying the elements that most contributed to accidental events. The data collected was compiled into a spreadsheet, where it was possible, in addition to analyzing the elements and pillars involved, to create associations related to accidental events. The results obtained pointed out the following elements as the biggest contributors to accidental events: Safe Work Practices, Operational Procedures and Hazard Identification and Risk Analysis. The pillar identified as the biggest contributor was Risk Management. Associations of element failures with the type of event, type of installation and type of system were also made. Given the results obtained in this study, the element that most contributed to the occurrence of accidental events was Safe Work Practices, within the Risk Management pillar. This finding demonstrated the need for greater attention to risk management practices, especially safe work practices.

Keywords: *Process Safety, Root cause, Safety Beacon, Lessons Learned*

1. INTRODUÇÃO

A segurança nos processos é uma preocupação fundamental em diversas indústrias, especialmente aquelas que lidam com substâncias perigosas e operam processos complexos (CROWL & LOUVAR, 2014). A ausência ou a ineficiente gestão da segurança, infelizmente, causa acidentes e muitas das vezes fatais, decorrentes de erros em processos industriais e resultando em danos humanos, ambientais e econômicos significativos. A fim de evitar a repetição desses acidentes, é essencial aprender sobre suas causas e perenizar as lições aprendidas, de forma a incorporar esses aprendizados nos sistemas de gestão de segurança (CCPS, 2014).

Com o avanço industrial, diversos acidentes de segurança operacional com grande repercussão ocorreram, principalmente na década de 80. Dentre estes acidentes podemos citar como exemplos as explosões da plataforma de petróleo Piper Alpha no Mar do Norte em 1988, da refinaria da Shell em Louisiana nos EUA, no mesmo ano, e de Pasadena no Texas, EUA em 1989. A partir destes e outros acidentes houve uma crescente preocupação dos órgãos de segurança com relação a estrutura da gestão na segurança de processos industriais (KLETZ, 2013).

Devido a necessidade de uma estruturação do gerenciamento da segurança, surgiram as primeiras normas e diretrizes para a segurança de processos, como a Diretriz de Seveso (1982), a *Center for Chemical Process Safety* - CCPS (1985), a *Management of Process Hazards* - API RP 750 (1990), a *Process Safety Management* - PSM OSHA (1992), a Diretriz de Seveso II (2005) e a *Risk Based Process Safety* - RBPS (2007). Neste sentido, a gestão de segurança de processos evoluiu, com foco na segurança de processos baseada no risco, em sistemas bem estruturados. No caso do RBPS do CCPS, dividido em pilares e elementos em prol da segurança das instalações, pessoas e meio ambiente (CCPS, 2014).

Com base no sistema de gestão do RBPS é possível apontar os elementos contribuintes para o evento acidental e analisar a causa raiz de um acidente de segurança de processo, propondo recomendações de medidas corretivas para evitar a repetição de eventos de mesma natureza no futuro. Além disso, compartilhar informações com outras organizações, setores e profissionais contribui para um ambiente de trabalho mais seguro em toda a indústria, promovendo a cultura da melhoria contínua na segurança de processo, incentivando a identificação de áreas de risco, a adoção de práticas mais seguras e o aprimoramento constante dos procedimentos operacionais.

1.1. OBJETIVO GERAL

Apontar quais os elementos que mais contribuíram (falharam) para a ocorrência dos eventos acidentais (causas-raiz) durante os últimos 5 anos, analisando as edições do *Process Safety Beacon* (CCPS), com base na estrutura de sistema de gestão do RBPS.

1.1.1. Objetivos específicos

- Elaborar um fluxograma para facilitar a identificação do elemento que mais contribuiu para a ocorrência dos eventos acidentais (causas-raiz);
- Enquadrar cada edição de *Beacon* dentro de um ou mais dos 20 elementos que contribuíram para o evento acidental;
- Apresentar os quantitativos dos elementos que mais contribuíram para a ocorrências das causas-raiz nos últimos 5 anos;
- Propor melhorias na gestão da segurança como forma de perenizar o aprendizado no elemento ou pilar onde existirem as maiores ocorrências.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. SEGURANÇA DE PROCESSO

A segurança de processo é uma preocupação fundamental em diversas indústrias, especialmente aquelas que lidam com substâncias perigosas ou operam processos complexos. Isso faz com que esta seja amplamente reconhecida pela redução do risco de acidentes graves e pela melhoria do desempenho da indústria (PSM OSHA, 1992).

No entanto, após um aumento inicial de atividades industriais, a gestão de segurança de processos parece ter estagnado em muitas organizações. As investigações de incidentes continuam a identificar medidas inadequadas de desempenho do sistema de gestão como um fator que contribui para o incidente. As auditorias revelam uma história de repetição dos erros, indicando problemas crônicos cujos sintomas são corrigidos repetidas vezes sem abordar eficazmente as causas profundas, técnicas e culturais (GRANGEIA, 2020).

Infelizmente, acidentes de segurança de processo podem ocorrer, resultando em danos humanos, ambientais e econômicos significativos. A fim de evitar a repetição desses acidentes, é essencial aprender com eles e perenizar as lições aprendidas. A

perpetuação das lições aprendidas promove a cultura da melhoria contínua na segurança de processo, incentivando a identificação de áreas de risco, a adoção de práticas mais seguras e o aprimoramento constante dos procedimentos operacionais (KLETZ, 2013).

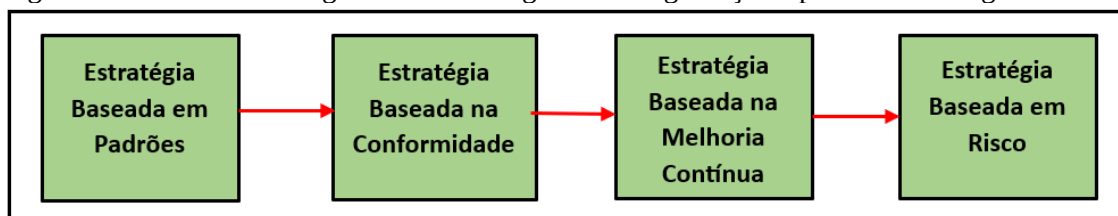
Apesar de todos esses problemas não terem ocorrido em todas as empresas, se não forem controlados, essas questões podem fazer mais do que causar estagnação; eles podem deixar as organizações suscetíveis a perder o foco na segurança dos processos, resultando em um sério declínio no desempenho de segurança de processo ou perda de ênfase em alcançar a excelência em segurança de processo (OLIVE et al., 2006).

2.2. HISTÓRICO SOBRE GESTÃO EM SEGURANÇA DE PROCESSO

A gestão de segurança de processo (*Process Safety Management – PSM*) é uma prática muito valiosa, utilizada por diversas empresas, que reduz os riscos de acidentes e melhora o desempenho da indústria química. Entretanto, muitas organizações são desafiadas pelo desempenho inadequado do sistema de gestão, pelos recursos, e por resultados ineficientes dos procedimentos de segurança (KHAN et al., 2016).

As práticas de segurança de processo e os sistemas de gestão de segurança estão em vigor a muitos anos. No entanto, devido à maior frequência e facilidade na avaliação das lesões dos trabalhadores, os recursos das empresas são desproporcionais, muitas vezes, focando em segurança do trabalho ou ocupacional ao invés da segurança de processo. Com o passar dos anos, as indústrias de processos desenvolveram várias abordagens para lidar e prevenir acidentes relacionados a processos na indústria (KNEGTERING & PASMAN, 2009; CCPS, 2014). Na Figura 1, a seguir, é apresentada uma evolução dessas abordagens estratégicas de gestão de segurança ao longo dos anos.

Figura 1. Diferentes estratégias adotadas na gestão de segurança de processo ao longo dos anos.



Fonte: Adaptado de CCPS, 2014.

A **Estratégia Baseada em Padrões**, aplicada para a gestão de segurança de processo, perdurou durante um longo período na indústria, dependendo apenas das normas baseadas na experiência para a definição da segurança dos processos e para a

definição dos esforços para a prevenção das perdas. Essas normas incluíam tanto práticas internas da empresa, quanto padrões reconhecidos da indústria, como as normas do Instituto Nacional Americano de Padrões (ANSI), do Instituto Americano do Petróleo (API), da Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos (ASME) e do Código de Líquidos Inflamáveis e Combustíveis (NFPA). Utilizando-se de uma estratégia baseada em padrões e experiência, a organização depende da aplicação das práticas amplamente comprovadas que evoluíram e foram desenvolvidas, muitas vezes, após acidentes e eventos de perdas. Entretanto, incidentes de segurança de processo costumam ser pouco frequentes e, dessa forma, apenas a experiência passada não é o suficiente na prevenção de acidentes futuros (LEITE, 2018; CCPS, 2014).

Com o passar do tempo, agências governamentais começaram a estabelecer regulamentações definindo requisitos mínimos de atividades de prevenção de acidentes, evoluindo para uma abordagem com **Estratégia Baseada na Conformidade**. No Brasil, por exemplo, o Regulamento Técnico do SGSO, instituído em 2007 pela ANP, é aplicável às instalações marítimas de perfuração e produção de petróleo e gás natural, sendo composto por 17 práticas de gestão orientadas ao desempenho e à gestão de risco. De acordo com a ANP (2007), a supervisão da segurança operacional das instalações tem o objetivo de identificar se o operador cumpre as boas práticas de gestão, e estabelece a cultura de segurança nas operações (ANP, 2017).

Nos EUA, as normas da Administração de Segurança e Saúde Ocupacional (OSHA) para a Gestão da Segurança de Processo e a Diretiva de Seveso II, em vigor na União Europeia, estabelecem os requisitos para implementação de um sistema de gerenciamento de segurança pela adoção de práticas não prescritivas (LEITE, 2018).

Esta abordagem não cria entraves ao avanço à inovação e ao avanço tecnológico da indústria, permitindo que os operadores moldem suas próprias ações de segurança de processo ao nível de risco apropriado. Entretanto, as normas e regulamentos estabelecem exigências mínimas que, em determinadas situações, podem não ser suficientes para gerenciar riscos adequadamente. Ainda que esta abordagem tenha trazido muitos resultados positivos, estes controladores da conformidade regulatória também contribuíram para que algumas empresas adotem suas mentalidades apenas baseando-se na conformidade (OLIVE et al., 2006; GRANGEIA, 2020).

Com as expectativas da sociedade no que concerne à segurança de processo, as empresas passaram a adotar a **Estratégia Baseada em Melhoria Contínua** com foco na segurança, saúde e políticas ambientais, uma abordagem semelhante a já adotada em

sistemas de qualidade. No entanto esta estratégia pode não ser a mais adequada, já que para gerenciar segurança de processo, muitos indicadores são baseados em eventos de frequência baixa e de consequências elevadas, tais como os acidentes com grandes perdas (LEITE, 2018).

No início da década de 1990, a **Estratégia Baseada em Risco** se estrutura em cima de ideias originais publicadas pelo Centro para Segurança de Processos Químicos (*Center for Chemical Process Safety* - CCPS), e combina as estratégias anteriores, cumprindo as exigências regulatórias. Tal estratégia aplica as lições aprendidas através da experiência na empresa ou na indústria e utiliza os indicadores de desempenho na condução da segurança de processo. Além disso, utiliza um programa de gerenciamento de riscos e indicadores de tendência (indicadores proativos), ajudando a medir e antever, de modo confiável, o desempenho dos diversos aspectos do sistema de segurança, independentemente de quaisquer eventos de perda (CCPS, 2014).

2.2.1. Segurança de Processo Baseada em Risco

Com o propósito de promover a excelência da PSM e a melhoria contínua em todas as indústrias de processamento, o CCPS criou a segurança de processo baseada em risco (*Risk Based Process Safety* – RBPS) como uma base de trabalho para a próxima geração de gestão de segurança de processo (CCPS, 2014).

O objetivo das Diretrizes de RBPS é fornecer ferramentas para auxiliar os profissionais a projetar, implantar, corrigir e melhorar sistemas de gestão de segurança de processo. Essas diretrizes integram as lições aprendidas com pequenos, médios e grandes acidentes na indústria, aplicando os princípios de planejamento, execução, verificação e efetivação do sistema de gestão (LEITE, 2018). Os princípios da RBPS foram fundamentados em 4 pilares e 20 elementos, e estão descritos conforme Quadro 1.

Quadro 1. Princípios de Segurança de Processo e Elementos Relacionados

Pilares e Pontos Centrais para A Prevenção de Acidentes da Segurança de Processo	Elementos da Segurança de Processo Baseada em Risco
<i>Comprometimento com a Segurança de Processo</i>	
• Garantir o envolvimento da gestão e o fornecimento do ambiente apropriado e dos recursos adequados. • Garantir o envolvimento dos funcionários.	• Cultura de Segurança de Processo. • Conformidade com as Normas. • Competência da Segurança de Processo. • Envolvimento da força de trabalho. • Sensibilização das partes interessadas.

• Demonstrar comprometimento com as partes interessadas.	
<i>Compreender os Riscos e os Perigos</i>	
• Saber o que você está operando. • Identificar os meios para reduzir ou eliminar os riscos. • Identificar os meios de reduzir o risco. • Compreender o risco residual.	• Conhecimento da Gestão do Processo. • Identificação dos Perigos e Análise dos Riscos.
<i>Gestão de Risco</i>	
• Saber como operar os processos. • Saber como manter os processos. • Controlar as mudanças nos processos. • Preparar para responder e gerir os incidentes.	• Procedimentos Operacionais. • Práticas Seguras de Trabalho. • Integridade de Ativos e Confiabilidade. • Gestão do Empreiteiro. • Garantia do Treinamento e do Desempenho. • Gestão de Mudanças. • Aptidão Operacional. • Realização das Operações. • Gestão de Emergência.
<i>Aprender a partir da experiência</i>	
• Monitorar e agir sobre as fontes internas de informação. • Monitorar as fontes externas de informação.	• Investigação de Incidentes. • Medida e Métricas. • Auditoria. • Análise de Gestão e Melhoria Contínua.

Fonte: Adaptado de CCPS, 2014.

As Diretrizes de RBPS não são uma receita a ser seguida integralmente. Entretanto, elas direcionam para uma perspectiva baseada no desempenho para a segurança de processo, e estão intrínsecas em regulamentos técnicos e instruções normativas. Muitas das circunstâncias locais e específicas de cada empresa, podem resultar em atividades de RBPS diferentes, com base na percepção das necessidades, exigência de recursos, e na cultura de segurança existente na instalação, através de padrões e procedimentos específicos (GRANGEIA, 2020; LEITE, 2018).

2.3. ANÁLISE DE ACIDENTES E CAUSA-RAIZ

Neste tópico são utilizados os conceitos de investigação de acidentes que utilizam a técnica de Árvore de Falhas como ferramenta de análise de causa-raiz. A técnica de Árvore de Falhas é bem explicada no Manual da ABIQUIM (2006).

O trabalho de Souza & Freitas (2003) buscou contribuir para a discussão sobre análise de causas de acidentes de trabalho (AT) em Indústrias de Processos Químicos

(IPQs), a fim de fornecer subsídios para futuras ações de vigilância em saúde do trabalhador (AVST) desencadeadas por instituições públicas. Entretanto, nesse trabalho observa-se a ausência de uma descrição clara e padronizada de termos que designem as causas básicas de acidentes no Brasil de forma a permitir uma comparação com os demais países. Os autores avaliaram dados de RAL (Relatório de Acidentes com Lesão), CAT (Comunicação de Acidentes de Trabalho), NATE (Notificações de Acidentes de Trabalho em Empreiteiras) e ROA (Relatórios de Ocorrências Anormais) que mostraram “(...) 79 eventos que resultaram em 83 trabalhadores próprios lesionados (fontes: RAL e CAT), 114 eventos que resultaram em 119 trabalhadores terceirizados lesionados (fontes: NATE e CAT) e 648 ocorrências anormais (fonte: ROA)”. Os autores observaram ainda a diferenciação dos registros de acidentes para empregados próprios e terceirizados, onde eles mostraram uma gama de causas básicas que conceitualmente não apontam qual ação de prevenção a empresa poderia tomar de forma a evitar a ocorrência de um determinado acidente.

Logo, já se observa que avaliar causas básicas e causa raiz a partir de registros de acidentes no Brasil não é uma atividade trivial e, com isto, buscou-se avaliar outras referências internacionais e nacionais sobre o assunto.

Então, segundo Marsh & McLennan Companies (2020), após a análise de dois grandes desastres ocorridos em refinarias dos Estados Unidos entre os anos de 2017 e 2019 depreende-se que duas importantes medidas devem estar presentes em qualquer regulamentação ou legislação que trate de análises de acidentes em indústrias de processos químicos: “os requisitos de que as companhias de processos químicos devem determinar as causas-raiz de vazamentos ou explosões” e “os requisitos de que uma terceira parte independente investigue os vazamentos, as explosões e outros desastres”.

De acordo com a ABIQUIM (2006), em investigação de acidentes, somente com a identificação da causa-raiz e das razões de ocorrência dos incidentes é que as organizações podem aprender com as falhas passadas e evitar incidentes similares no futuro. Para a ABIQUIM (2006), uma causa básica é a razão (ou razões) específica(s) pela(s) qual(is) um incidente fora do padrão ocorreu. Já a causa raiz seria a causa mais básica que pode ser razoavelmente identificada e que a administração tenha meios de controle para corrigir.

Em Marsh & McLennan Companies (2020), ao analisar os grandes acidentes ocorridos entre 1988 e 1989 e sua comparação com aqueles ocorridos 30 anos depois (2018 e 2019), houve a necessidade de conceituar causa raiz e diferenciá-la de causa

contribuinte (ou fator contribuinte). Então, causa(s) raiz(es), se eliminada(s), teria(m) evitado completamente o evento enquanto a(s) causa(s) contribuinte(s) apenas teria(m) impedido que o evento crescesse a tal magnitude. Na mesma análise, as causas raízes também foram agrupadas didaticamente nos seguintes termos: sistemas de trabalho (inclui permissão para trabalho-PT, gestão de mudanças e troca de turno), inspeção (que inclui manutenção, testes e corrosão), padrões de engenharia e sistemas a prova de fogo. Já as causas contribuintes mais comuns foram relacionadas com os seguintes grupamentos: planos de resposta a emergência (PRE) e proteção contra incêndio. Agrupar causas raízes em grupos poderá ajudar a identificar qual fator poderá ser trabalhado dentro de uma organização de forma a evitar que uma dada lição aprendida, de um dado evento catastrófico, seja negligenciada ou esquecida.

Desta forma, além de mostrar um necessário agrupamento de causas raízes, o relatório de Marsh & McLennan Companies (2020) também apresenta quatro fatores principais que impedem que as lições aprendidas com as perdas, ou eventos catastróficos, sejam assimiladas por mais tempo, permitindo a repetição dos eventos. Os fatores são descritos a seguir:

- distância: a regulamentação e conscientização ficam restritos ao quadro local, além de, inconscientemente, a organização acreditar que eventos daquela natureza que ocorreram há tempos não poderão mais afetar os tempos atuais;
- cultura: litígio e medo impedem o relato aberto, a aprendizagem e o avanço dentro das organizações;
- abrangência: do inglês *tunnel vision*, onde o pensamento isolado pode fazer com que as empresas imaginem que um incidente acontecendo em um tipo de instalação diferente do seu não fornece aprendizados aplicáveis;
- e tempo: quando a lição é aprendida, porém é esquecida posteriormente ou as soluções implementadas são insuficientes, o que pode ser potencializado com perda de pessoal experiente, perda de memória corporativa, idade da planta e complacência.

Além da investigação e definição da causa-raiz, um outro importante assunto também pôde ser evidenciado, o de como compreender e melhorar os perfis de risco das empresas de maneira a reduzir a ocorrência e a magnitude dos acidentes. Segundo os relatórios da Marsh & McLennan Companies (2020), existem cinco subtópicos que ajudariam a avaliar a aderência dos perfis de risco das empresas de forma a diagnosticar

o grau de degradação, ou declínio, de barreiras relacionadas a acidentes. O quadro 2 mostra os tópicos que podem ser considerados.

Quadro 2: Tópicos de avaliação do Perfil de Risco das Empresas.

Subtópico	Avaliação de melhor desempenho
Padrões de engenharia utilizados	A empresa possui suas próprias publicações/padrões ou adota padrões além daqueles adotados pelas principais empresas do setor, e eles são regularmente atualizados / revisados. A empresa tem representação nos comitês internacionais de padronização. Simpósios/encontros regulares são realizados pela empresa.
Padrões específicos de prevenção de acidentes/perdas	A empresa tem seu próprio sistema de gerenciamento de segurança de processos e de rotina, o qual é regularmente atualizado e voltado a perigos específicos da planta. Simpósios / encontros regulares são realizados pela empresa.
Proteção contra perigos naturais	Todos os aspectos são considerados e documentados, por exemplo: inundações, ventanias, chuvas/tempestades, terremotos, tempestades com relâmpagos e maremotos.
Análise de Perigos de Processo	A empresa tem um programa ativo de Análise de Perigos de Processo com escopo e frequência de realização mínimos de acordo com padrões internacionais. As revisões das análises de perigos são baseadas em processos de gestão de mudanças.
Casos de segurança	Relatórios e envios de alta qualidade que excedem os padrões governamentais e são verificados por terceiros.

Fonte: Marsh & McLennan Companies (2020).

Podemos deduzir então que, além da investigação de acidentes e da correta definição da causa-raiz, outros fatores importantes também podem ser considerados, tais como: a gestão de riscos eficiente, a correta assimilação da lição aprendida e o diagnóstico do perfil de risco da empresa.

3. METODOLOGIA

3.1. PROCESS SAFETY BEACON

O material escolhido para realização deste estudo foram as edições dos últimos 5 anos do *Process Safety Beacon*. As edições destes 5 anos (60 edições) foram consideradas como sendo um quantitativo suficiente para realização do estudo. Segundo o CCPS, o *Process Safety Beacon* é uma publicação ou recurso destinado a transmitir mensagens de segurança de processo ao público em geral, principalmente aos profissionais ligados a disciplina de Segurança de Processos. É um boletim informativo mensal de uma página que cobre uma variedade de tópicos de segurança de processo, contendo abordagens sucintas sobre eventos acidentais e lições aprendidas de como evitar estes acidentes.

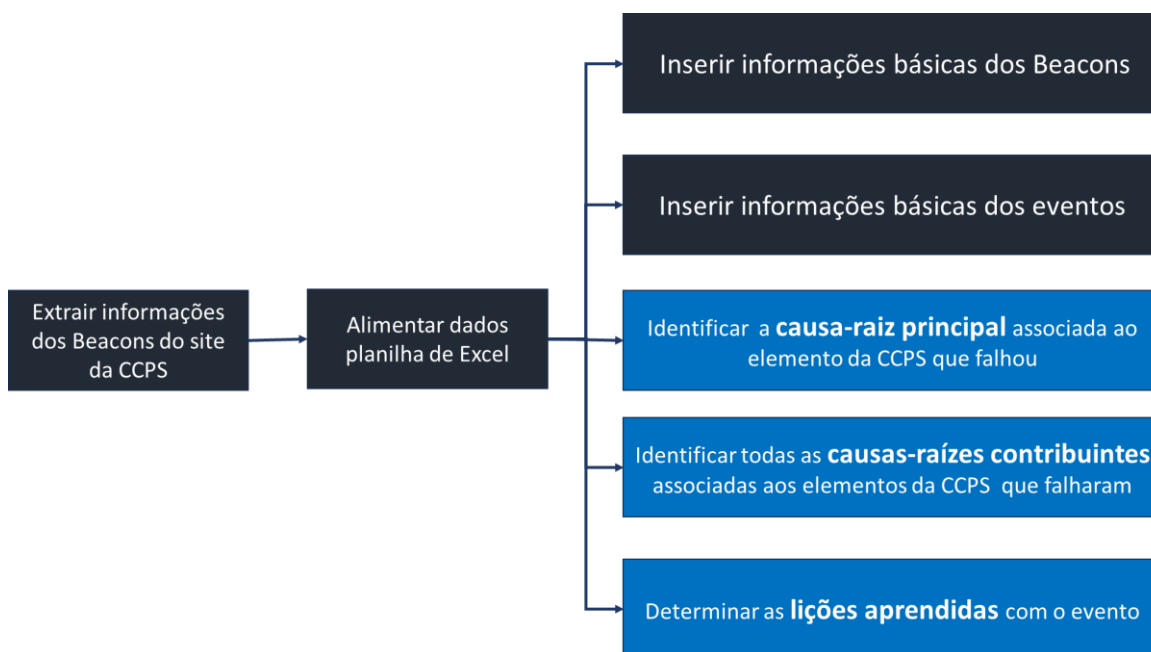
As informações contidas nos *Beacons* são importantes alertas de problemas que podem vir a ocorrer em instalações de processo industrial em diversas situações, como gestão de mudança, padrão operacional, identificação de perigos e riscos, gestão de ativos, etc. Estes documentos condensam parte da investigação de acidentes e suas lições aprendidas, fornecendo importantes informações a respeito do cenário de ocorrência e das possíveis causas ou falhas que levaram a ocorrência indesejada.

A intenção de utilizar como material de análise os *Beacons*, publicados mensalmente pelo CCPS (*Center for Chemical Process Safety*), é devido a praticidade na leitura dos informativos, formuladas em apenas uma página, proporcionando assim a possibilidade do levantamento de grande quantidade de informações.

3.2. FLUXOGRAMA DE DIRECIONAMENTO PARA COLETA DE DADOS

Para o direcionamento do levantamento das informações contidas nos *Beacons*, foi elaborado o fluxograma abaixo (Figura 2), que apresenta as etapas seguidas para a coleta de dados a partir dos eventos acidentais de cada edição analisada.

Figura 2. Fluxograma demonstrando as etapas para a coleta de dados.



Fonte: Autores (2024).

A primeira etapa do estudo consistiu na extração e coleta de informações relevantes dos *Beacons* dos últimos 5 anos (2019 a 2023). De forma a padronizar as

informações coletadas e facilitar a compilação, comparação e processamento dos dados, uma planilha EXCEL foi desenvolvida, contendo os seguintes campos:

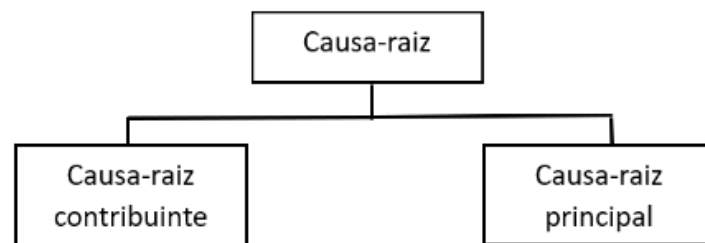
1. Mês/Ano da publicação do *Beacon*;
2. Nome do Beacon;
3. Data em que ocorreu o evento;
4. Palavra-Chave (palavras-chave que descrevem o evento);
5. Causa-raiz Contribuinte (correlacionado todos os elementos da RBPS que falharam);
6. Causa-raiz Principal (correlacionado ao principal elemento da RBPS que falhou);
7. Instalação (em qual tipo de instalação ocorreu o acidente: tipo de indústria, porto, navio etc.);
8. Sistema (em qual tipo de sistema ocorreu o acidente: equipamento, tubulação etc.);
9. Produto (tipo de produto envolvido no acidente);
10. Tipo de evento (incêndio, explosão, perda de contenção, emissão etc.);
11. Fatalidades (quantas fatalidades o acidente causou);
12. Lesões (quantos lesionados o acidente causou);
13. Meio ambiente (se o acidente causou dano ambiental);
14. Ativos (qual o custo envolvido com o acidente);
15. Reputação (se houve danos a reputação da empresa);
16. Evasão (se o acidente causou evasão da comunidade);
17. Aprendizado (quais foram as lições aprendidas com o acidente);

Com as informações coletadas, a segunda etapa do estudo foi a análise dos dados para identificar os padrões, tendências e correlações. A terceira etapa consistiu em interpretar os resultados das análises de forma a responder às questões do estudo: 1) Quais são os principais elementos RBPS que mais contribuíram para as causas de acidentes de processo? 2) Qual o elemento da RBPS com maior histórico de falha? e 3) Quais são as principais lições aprendidas com acidentes de processo?

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, serão demonstrados os resultados das análises dos acidentes e incidentes relatados nos Beacons, apontando os elementos do RBPS que falharam, ou seja, contribuíram para a ocorrência do evento acidental. Para isto, foram identificadas as causas-raiz (principal e contribuintes), de cada edição dos Beacons, e sua associação com um ou mais elementos do RBPS. Entende-se por causa-raiz principal, a causa que de fato levou a ocorrência do evento acidental, enquanto, a causa-raiz contribuinte sendo aquela que favoreceu para o evento acidental (Figura 3).

Figura 3 - Esquema demonstrativo da causa-raiz e suas derivações.



Fonte: Autores (2024).

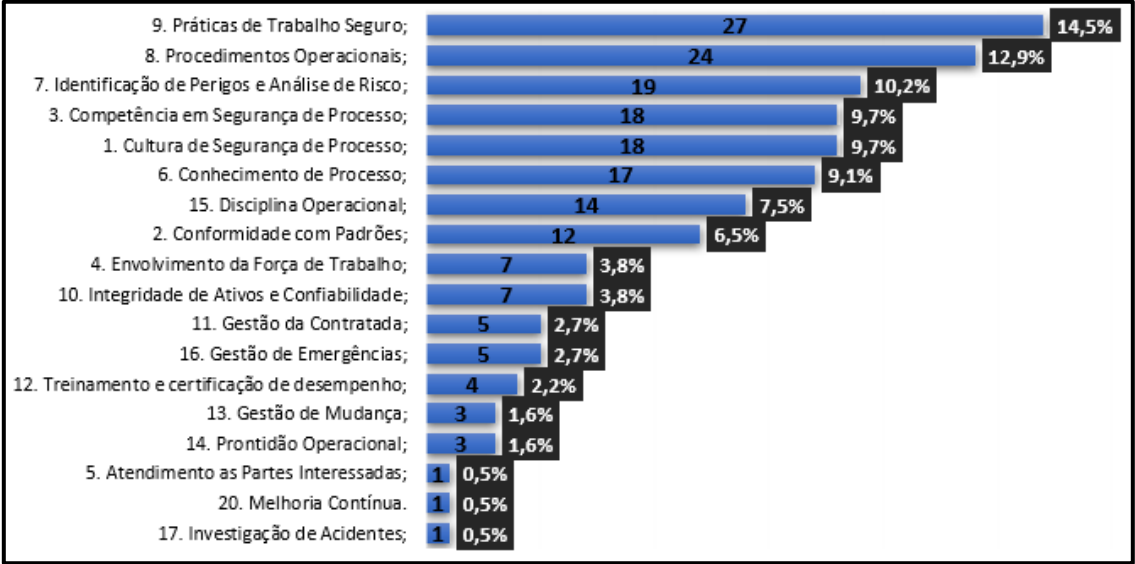
4.1. ELEMENTOS E PILARES E SUAS ASSOCIAÇÕES AS CAUSAS-RAIZ

A partir do fluxograma metodológico desenvolvido, para o levantamento das informações descritas nas edições dos *Beacons*, foi construída uma planilha (ANEXO 1), conforme o capítulo 3, para a indexação, compilação e análise dos dados. Para simplificar o entendimento e a elaboração dos gráficos, cada elemento foi relacionado a um número de 1 a 20, da esquerda para a direita, seguindo a ordem dos elementos do sistema de gerenciamento do RBPS.

Os resultados referentes aos elementos que falharam (contribuíram) para a ocorrência das causas-raiz (contribuintes e principal), analisados nos *Beacons*, bem como a contribuição de cada elemento para a ocorrência das causas-raiz, de forma geral, não distinguindo causas principais de contribuintes, estão demonstrados na Figura 4. De acordo com a metodologia utilizada, o elemento que mais contribuiu para a ocorrência dos eventos acidentais (causas-raiz), foi o de Práticas de Trabalho Seguro, apresentando 14,5% de contribuição, em seguida o de Procedimentos Operacionais, contribuiu em 12,9%. Com menos de 1,2% de diferenciação entre eles, seguem os elementos Identificação de Perigos e Análise de Risco, Competência em Segurança de Processo,

Cultura de Segurança de Processo e Conhecimento de Processo, totalizando 38,7% de contribuição para a ocorrência da causa-raiz.

Figura 4 - Porcentagem de contribuição de cada elemento para a ocorrência das causas-raiz.

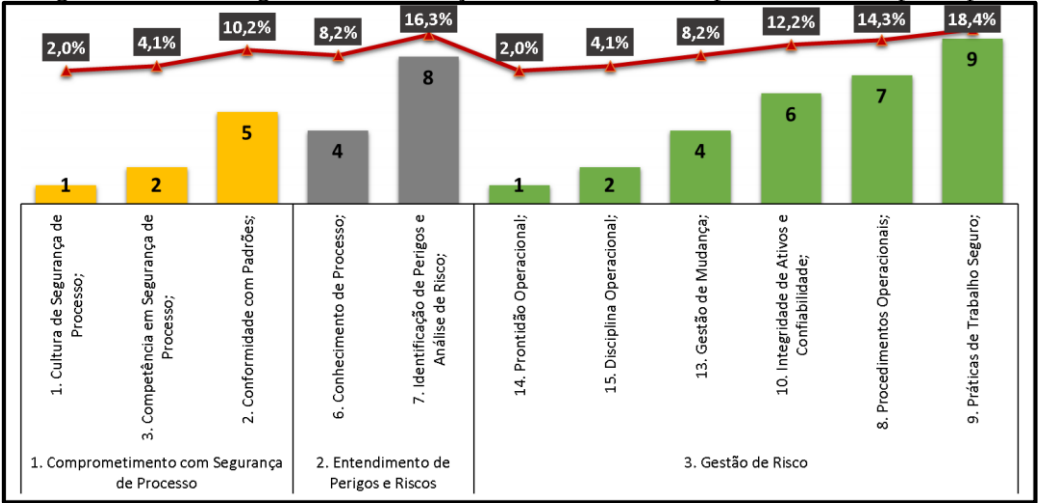


Fonte: Autores (2024).

Todos os elementos acima citados, somados contribuem em 66,1% com a ocorrência das causas-raiz dos eventos acidentais. Os elementos, Disciplina Operacional, Conformidade com Padrões, Envolvimento da Força de Trabalho, Integridade de Ativos e Confiabilidade, Gestão da Contratada, Gestão de Emergências, Treinamento e Certificação de Desempenho, Gestão de Mudança, Prontidão operacional, Atendimento as Partes Interessadas e Melhoria Contínua juntos representaram 33,9% de contribuição.

Considerando exclusivamente a causa-raiz principal, a Figura 5 traz os elementos RBPS e a porcentagem de contribuição de cada um para a ocorrência do evento acidental.

Figura 5 - Porcentagem de contribuição de cada elemento para causa-raiz principal.



Fonte: Autores (2024).

Das 60 edições dos Beacons analisadas, foi possível obter dados referentes causa-raiz principal de 49 edições. De acordo com a Figura 5, é possível observar que o elemento RBPS que mais contribuiu para causa-raiz principal, foi o elemento Práticas de Trabalho Seguro, apontado em 9 edições dos Beacons e correspondendo a 18,4% dos casos. Apontado em 8 edições, o elemento Identificação de Perigos e Análise de Risco, contribuiu em 16,3% dos casos, seguido do elemento Procedimentos Operacionais, apontado em 7 edições, correspondendo a 14,3% dos casos. O elemento Integridade de Ativos e Confiabilidade foi apontado em 6 edições e Conformidade com Padrões em 5 edições, contribuindo em 12,2% e 10,2% respectivamente. Apontados como contribuintes para a causa-raiz principal em 4 edições, os elementos Conhecimento de Processo e Gestão de Mudança, representaram 8,2% cada, seguidos pelos elementos Competência em Segurança de Processo e Disciplina Operacional, ambos apontados em 2 edições representando 4,1% cada. Os elementos Cultura de Segurança de Processo e Prontidão Operacional, foram apontados como contribuintes para a ocorrência da causa-raiz principal em apenas 1 caso, representando 2,0% dos casos cada.

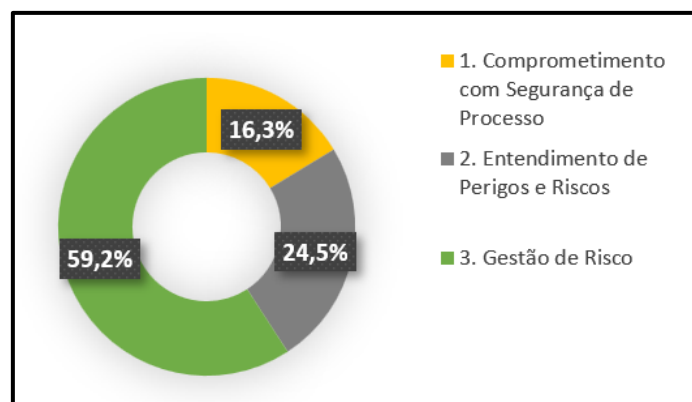
A partir dos resultados obtidos, o elemento *Práticas de Trabalho Seguro* foi apontado como o elemento que mais contribuiu para a ocorrência dos eventos acidentais, das edições dos *Beacons* analisadas, tanto como causa-raiz contribuinte como causa-raiz principal. Os elementos *Identificação de Perigos e Análise de Risco* e *Procedimentos Operacionais*, seguem também no topo das contribuições, assim como *Práticas de Trabalho Seguro*, tanto como causas-raiz contribuintes como causas-raiz principais. A partir da metodologia utilizada, e diante desta constatação, estes elementos merecem uma atenção especial no que diz respeito a melhorias no sistema de gestão, uma vez que juntos, foram apontados como responsáveis pela ocorrência dos acidentes em 37,6% para causas-raiz contribuintes e 49% para causas-raiz principais.

Com relação a contribuição dos elementos apontados como responsáveis para a ocorrência dos eventos acidentais, a Figura 6 demonstra a distribuição destas contribuições por pilares do RBPS. A maior porcentagem de incidência de elementos apontados como responsáveis pelos eventos acidentais, se deu no Pilar Gestão de Risco, representando 59,2%. Dentre estes elementos, destacam-se como maiores contribuintes os elementos Práticas de Trabalho Seguro, Procedimentos Operacionais, Integridade de Ativos e Confiabilidade e Gestão de Mudanças.

O segundo Pilar, que trata do Entendimento de Perigos e Riscos, representou 24,5% com a contribuição dos elementos por ele representados. Finalizando o Pilar

Comprometimento com Segurança de Processo representou 16,3% na contribuição dos eventos acidentais

Figura 6 - Porcentagem de contribuição dos pilares para a ocorrência das causas-raiz principais.



Fonte: Autores (2024).

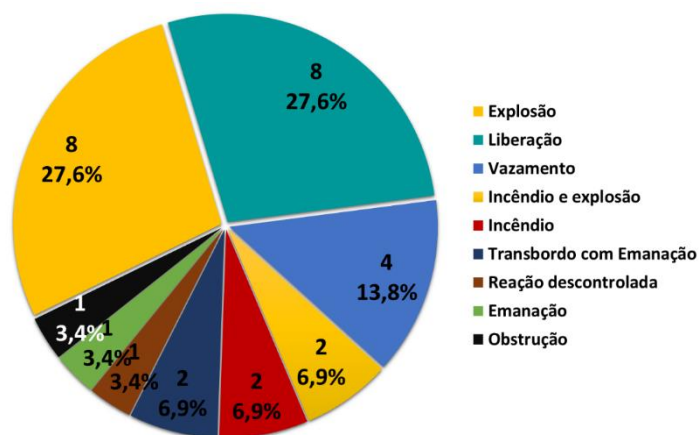
Diante deste ponto de vista de contribuição por Pilares, era esperado que este Pilar Gestão de Risco fosse o de maior representatividade na contribuição dos eventos acidentais, já que nele se encontram o maior número de elementos RBPS. Quanto aos Pilares Entendimento de Perigos e Riscos Comprometimento com Segurança de Processo, estes juntos representaram 40,8%, ou seja, mesmo somados, menos que o Pilar Gestão de Risco.

Com relação ao Pilar 4. Aprendizado com experiência, que não foi identificado como a causa-raiz principal em nenhum dos eventos levantados nos Beacons, isto não necessariamente representa que as empresas possuem tendência de aprender com seus erros e melhorar suas práticas de segurança, mas que antes de o Pilar 4 falhar, é necessário primeiramente que outros pilares falhem. Um exemplo está no Beacon de abril de 2022 onde houve um incêndio no navio da Marinha dos EUA e as perdas superaram 3 bilhões de dólares. Neste evento foram identificadas falhas associadas aos demais pilares o que poderia ter sido evitado se tivessem sido consideradas as causas e as lições aprendidas de um estudo realizado sobre os 15 incêndios que ocorreram em navios num período de 12 anos antes da ocorrência do incêndio e além disto muitos dos fatores causais dos incêndios nos navios da Marinha dos EUA são também potenciais causas para um incêndio, ou para que ele se propague tornando-se um incidente mais grave, nas indústrias de processo, o que demonstra que o andamento dos pilares e seus elementos devem ocorrer de forma conjunta sempre prezando pela melhoria contínua da gestão de Segurança de Processo.

4.2. EVENTOS E SUAS ASSOCIAÇÕES AS CAUSAS-RAIZ

Após identificar o Pilar que mais contribuiu para a causa-raiz principal, também foram associados a este os tipos de eventos ocorridos. Na Figura 7, podemos observar esta associação. Para os eventos levantados através dos Beacons associados a falhas no Pilar de Gestão de Riscos, em pelo menos 27,6% dos acidentes ocorreram explosões, mesmo quantitativo de ocorrência de liberação. Já em 13,8% dos acidentes ocorreram vazamentos. Para os demais eventos como de obstrução, emanção, reação descontrolada, transbordo com emanção, incêndio e incêndio associado a explosão, a porcentagem somada chega a 30,9% dos casos.

Figura 7 - Gráfico representando o pilar de Gestão de Risco associado com cada tipo de evento.

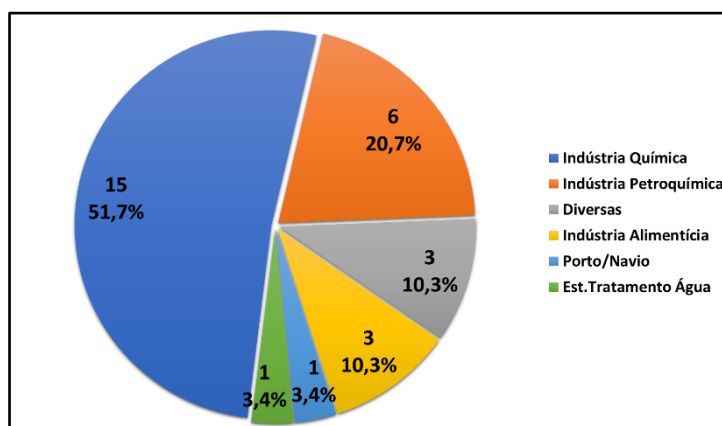


Fonte: Autores (2024).

4.3. PRINCIPAIS FALHAS DE ELEMENTOS DE ACORDO COM O TIPO DE INSTALAÇÃO

Com o estudo dos Beacons, podemos identificar em quais tipos de industriais ocorre maior incidência com o Pilar 3. Gestão de Risco, onde podemos destacar as industriais químicas que detém 51,7% das ocorrências, seguido das petroquímicas que representam 20,7%, e em terceiro lugar com indústrias diversas e a indústria alimentícia com 10,3. Este estudo de identificação de causas básicas principais de Segurança de Processo, ajudam a direcionar as empresas a entender quais são as falhas que mais se repetem de acordo com cada tipo de instalação industrial e elementos que mais contribuíram em cada ramo.

Figura 8 - Principais instalações.

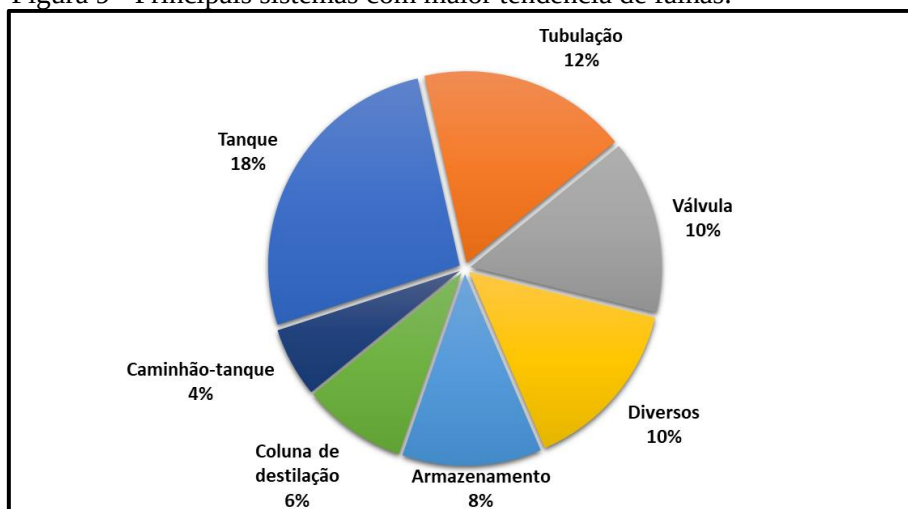


Fonte: Autores (2024).

4.4. SISTEMAS COM MAIOR TENDÊNCIA DE FALHAS

A Figura 9 abaixo mostra um panorama de em quais sistemas ocorreram os acidentes / incidentes de Processo relatados nos Beacons. Nela podemos observar que quase 50% dos eventos ocorreram em sistemas que abrangem tanques/armazenamento, válvulas e tubulações.

Figura 9 - Principais sistemas com maior tendência de falhas.

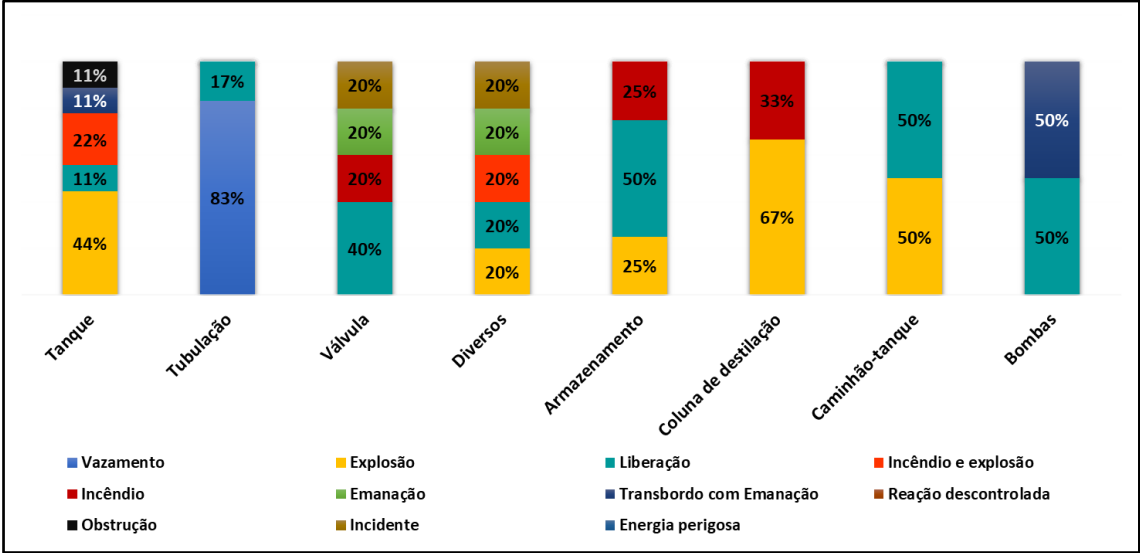


Fonte: Autores (2024).

Já a Figura 10 expõe quais os eventos que ocorreram nos sistemas mais encontrados nos acidentes / incidentes avaliados. Dos quase 50% de sistemas que foram

levantados no gráfico anterior, em todos eles as consequências serão no mínimo intoleráveis como perdas de contensão normalmente seguidas de incêndio ou explosão.

Figura 10 - Principais eventos de cada tipo de sistema.



Fonte: Autores (2024).

5. RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados deste estudo, são feitas as seguintes recomendações para empresas/organizações:

- Criar um sistema de gestão de lições aprendidas. Esse sistema deve permitir o registro, a análise e a disseminação das lições aprendidas;
- Realizar reuniões de análise de acidentes. Essas reuniões são uma oportunidade para discutir as causas e as lições aprendidas de acidentes;
- Desenvolver treinamentos sobre lições aprendidas. Os treinamentos sobre lições aprendidas são uma forma eficaz de disseminar as lições aprendidas para os funcionários;
- Incorporar as lições aprendidas nas suas políticas e procedimentos. Isso ajudará a garantir que as medidas corretivas sejam tomadas para evitar que os acidentes se repitam;
- Realizar o compartilhamento cooperativo de forma que todos possam aprender e compartilhar as experiências vividas.

A dificuldade que as organizações enfrentam para realizar o compartilhamento cooperativo, e perenizar as lições aprendidas, está na crença de que a ocorrência de incidentes / acidentes expõem erros, pessoas e equipes e não oportunidades de melhorias

na gestão de riscos oriundas do registro, na realização de abrangência e no aumento do conhecimento a respeito de um determinado evento.

- Implantar um sistema de integridade dos ativos com as atividades de inspeção e manutenção de equipamentos para garantir a integridade mecânica;

- Elaborar um programa bem delineado de gestão de mudanças, com situações avaliadas de forma apropriada sob o ponto de vista do risco, ajuda a garantir que acidentes sejam evitados;

- Implementar sistemas de gestão de segurança de processo para manter a conformidade com regulamentos e leis aplicáveis, assim como com padrões e normas, incluindo padrões adotados de forma voluntária pela empresa;

- Estabelecer um sistema de controle para gerenciar atividades em ambientes de perigo;

- Adotar a prática de identificação e análise de riscos que podem resultar em eventos, que devem ser conduzidas em todas as fases do ciclo de vida da instalação.

- Criar ou revisar os procedimentos operacionais levando em consideração o nível de detalhamento necessário que deve estar adequado ao risco associado à tarefa. Procedimentos ou atividades que são de alto risco ou alto perigo, necessitam de um escopo mais minucioso e um nível maior de detalhes.

- Realizar Auditorias com base no sistema de gestão de risco CCPS /OSHA.

Essas recomendações são importantes para garantir que as lições aprendidas sejam perenes e que elas sejam efetivamente utilizadas para prevenir acidentes, pois não basta fazer recomendações de segurança: deve-se convencer as pessoas a efetivamente segui-las, ou ser convencido do contrário.

6. CONCLUSÃO

A perenização das lições aprendidas é um processo fundamental para a prevenção de acidentes. Lições aprendidas são *insights* que são obtidos a partir de acidentes ou incidentes de segurança e ao analisar as causas raiz de um acidente de segurança de processo e identificar as lições aprendidas, é possível implementar medidas corretivas para evitar a repetição desses eventos no futuro. Além disso, o compartilhamento de conhecimento é de fundamental importância, não somente dentro de uma mesma empresa, mas também a colaboração deve ser comunitária, com parcerias entre diferentes profissionais, organizações, setores, contribuindo para um ambiente de trabalho mais

seguro em toda a indústria, por tanto as empresas devem estar receptivas para transformar seus erros, bem como as demais empresas, em oportunidades de melhoria.

Além disto é importante que as empresas adotem uma postura de melhoria contínua com relação a Segurança de Processo ao relacionar as lições aprendidas com os acidentes através da inclusão destes nos estudos de riscos e da realização de abrangência, verificando se o evento pode ocorrer na unidade / organização.

REFERÊNCIAS

ABIQUIM. Associação Brasileira da Indústria Química. Departamento de Assuntos Técnicos. Comissão de Segurança de Processos. Manual de apoio para investigação de acidentes da indústria química. São Paulo: ABIQUIM/DETEC, 2006. 52p.

ANP. Agência Nacional do Petróleo. Resolução ANP n. 43/2007 – Regulamento Técnico SGSO, 2007.

API RP 750. American Petroleum Institute. Management of Process Hazards. 1990.

CCPS. Center for Chemical Process Safety. Diretrizes para Segurança de Processo Baseada em Risco. Editora Interciência, 1a edição, 2014. 808 p.

CCPS. Center for Chemical Process Safety. Process Safety Beacon. Disponível em: <https://www.aische.org/ccps/process-safety-beacon>. Acesso em: 30 jan. 2024.

Crowl, D. A.; Louvar, J. F. Segurança de Processos Químicos – Fundamentos e Aplicações. Editora LTC, 3a edição, 2014. 680 p.

Grangeia, C. S. Falhas no Sistema de Gestão de Segurança de Processos: Estudo de caso de Acidente em Planta de Produção de Inseticida. Universidade Federal do Rio de Janeiro – Escola de Química. Graduação em Engenharia Química, Monografia, 72 p., 2020.

Khan, F.; Hashemi, S. J.; Paltrinieri, N.; Cozzani, V.; Reniers, G. Dynamic risk management: a contemporary approach to process safety management. Current Opinion in Chemical Engineering, v. 14, p. 9-17, 2016.

Kletz, T. O que Houve de Errado?: Casos de Desastres em Plantas de Processo e Como Eles Poderiam ter Sido Evitados. Editora Interciência, 1a edição, 2013. 688 p.

Knegtering, B.; Pasman, H. J. Safety of the process industries in the 21st century: A changing need of process safety management for a changing industry. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, v. 22, p. 162-168, 2009.

Leite, F. S. L. Sistema de Gestão de Segurança de Processo Baseada em Risco na Indústria do Petróleo. Universidade Federal do Rio de Janeiro – Escola Politécnica. Graduação em Engenharia de Petróleo, Monografia, 81 p., 2018.

Marsh & McLennan Companies. The 100 largest losses in the hydrocarbon industry: 1974-2019. 26. ed. London: Marsh, 2020. Disponível em: <https://www.marsh.com/us/industries/energy-and-power/insights/100-largest-losses-in-the-hydrocarbon-industry.html>. Acesso em: 20 out. 2023.

Olive, C.; O'Connor, M.; Mannan, M. S. Relationship of safety culture and process safety. *Journal of Hazardous Materials*, v. 130, p. 133-140, 2006.

PSM OSHA. Process Safety Management – Occupational Safety and Health Administration. 1992.

Souza, C. A. V & Freitas, C. M. Análise de causas de acidentes e ocorrências anormais, relacionados ao trabalho, em uma refinaria de petróleo, Rio de Janeiro. *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 19(5): 1293-1303, 2003.