

Pós-Graduação

Segurança de Processos



AMBIENTE DE INTEROPERABILIDADE PARA GERENCIAMENTO DE ELEMENTOS CRÍTICOS

Alam M. de Sá, Kamayurá D. M. Pinto, Leonardo M. de Almeida e Letícia R. L. das Neves

RESUMO

Elementos críticos são equipamentos, sistemas ou procedimentos cruciais para segurança de processos e é de extrema importância que estejam disponíveis e operacionais. Contudo, ainda que aplicadas práticas de gestão para aumento da confiabilidade dos sistemas de forma a minimizar riscos operacionais e que as intervenções para manutenção sejam bem planejadas, a indústria passa por problemas de indisponibilidade temporária destes elementos e requerem medidas de controle dos riscos envolvidos, se fazendo necessário o gerenciamento da disponibilidade dos elementos críticos, que podem estar disponíveis, indisponíveis ou degradados. O objetivo deste trabalho é propor um modelo de ferramenta que utiliza os conceitos de interoperabilidade, a fim de melhorar o gerenciamento dos elementos críticos de uma planta de processo. A ferramenta visa representar de forma simples, clara e objetiva o status de disponibilidade dos elementos críticos, o gerenciamento de mudança usado para contingenciamento em casos de indisponibilidade ou operação degradada, as ordens de serviço para reparo ou substituição do elemento, análise de riscos e planos de ação com seus respectivos responsáveis e prazos. Atingindo uma boa gestão dos elementos críticos indisponíveis, se reduz o risco de ocorrência de acidentes de processo ou o seu escalonamento.

Palavras-chave: *Elementos críticos de segurança operacional, gerenciamento de mudança, contingenciamento, interoperabilidade*

ABSTRACT

Critical elements are crucial equipment, systems or procedures for process safety and it is extremely important that they are available and operational. However, even though management practices are applied to increase the reliability of systems in order to minimize operational risks and maintenance interventions are very intuitive, the industry is experiencing problems of temporary unavailability of these elements and requiring measures to control the risks involved, if making it necessary to manage the availability of critical elements, which may be available, unavailable or degraded. The objective of this work is to propose a tool model that uses interoperability concepts, in order to improve the management of critical elements of a process plant. The tool aims to represent in a simple, clear and objective way the availability status of critical elements, management management used for contingency in cases of unavailability or degraded operation, such as service orders for repair or replacement of the element, risk analysis and plans of action with their respective responsible and deadlines. Achieving good management of unavailable critical elements reduces the risk of process accidents or their escalation.

Keywords: *Managment of change, contingency, process safety critical elements*

NOMENCLATURA

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
CAE - *Computer Aided Engineering* ou Engenharia Assistida por Computador;
CCPS - *Chemical Center for Process Safety*;
HAZOP – *Hazard and Operability Study*
LOPA – *Layers of Protection Analysis*
MOC - *Management of Change* ou Gerenciamento (ou gestão) de mudança;
PSSR - *Pre start-up safety review*;
RBPS - *Risk Based Process Safety*;
SGSO - Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional;
VBA - *Visual Basic Advanced*;

1. INTRODUÇÃO

Mudança é qualquer alteração permanente ou temporária, em relação a uma situação existente em tecnologia, nas instalações, na força de trabalho própria ou contratada e em procedimentos críticos, que modifique o risco. As mudanças devem ser classificadas como: mudança de tecnologia, mudança na instalação, mudança de pessoas e mudança em procedimentos críticos. O gerenciamento de mudanças é um dos pilares da Segurança de Processos Baseada em Risco, conforme o modelo dos vinte pilares apresentado na Figura 1 (CCPS, 2014).

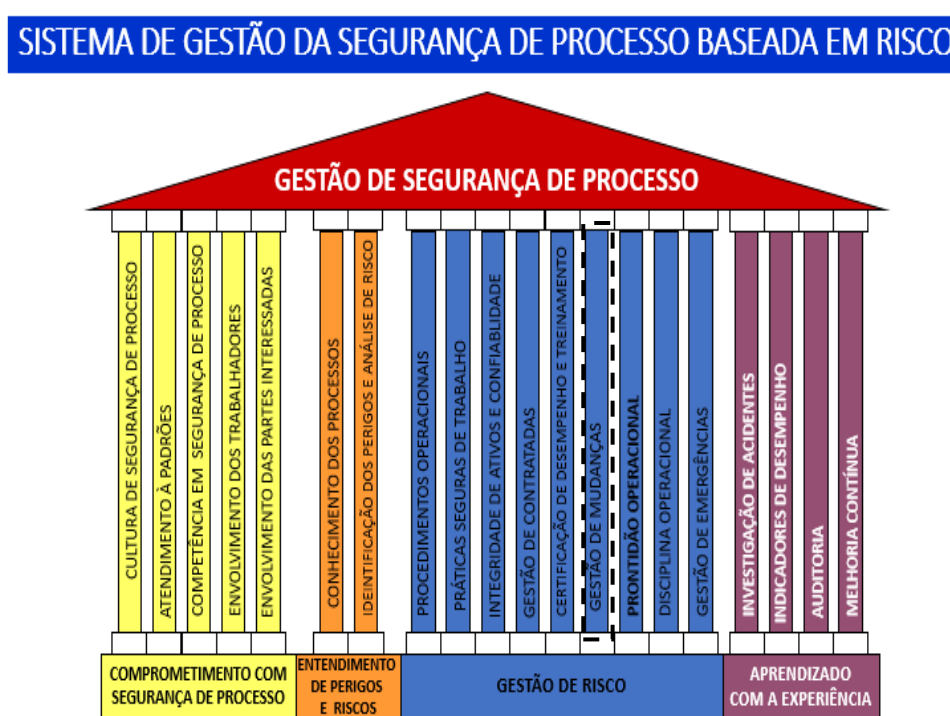


Figura 1: Pilares da Segurança de Processos Baseada em Risco (CCPS, 2014).

Conforme glossário do próprio CCPS, Gerenciamento de Mudança (do inglês *Management of Change*, MOC) consiste em “um sistema de gestão para identificar, revisar e aprovar todas as modificações em equipamentos, procedimentos, matérias-primas e condições de processamento, exceto substituição em espécie, antes da implementação para ajudar a garantir que as mudanças nos processos sejam devidamente analisadas (por exemplo, para possíveis efeitos adversos impactos), documentados e comunicados aos funcionários afetados” (CCPS 2014).

A Resolução Nº 881/2022 define como Procedimento Crítico de Segurança Operacional, um procedimento, ou critério, utilizado para controle de riscos operacionais. Portanto, quando são considerados essenciais para a prevenção ou mitigação de eventos relacionados à segurança operacional ou que, em caso de falha, possam provocar um acidente operacional. São divididos em três categorias:

- Equipamento Crítico de Segurança Operacional;
- Sistema Crítico de Segurança Operacional;
- Procedimento Crítico de Segurança Operacional.

Conforme a Resolução N° 881/2022, devem ser estabelecidos procedimentos de contingência e definido um sistema de aprovação e de controle dos mesmos, a ser utilizado quando Equipamentos ou Sistemas Críticos de Segurança Operacional estejam em condições degradadas ou fora de operação.

Conforme a ANP, entende-se como contingenciamento medida(s) temporária(s) de forma a garantir a operação segura de um sistema operacional, de forma a extinguir ou minimizar riscos.

Diferentes termos utilizados na área de segurança de processos, em diferentes técnicas de análises de riscos, possuem características semelhantes à elementos críticos. Na técnica de *Bow tie*, é utilizado o termo barreira, no HAZOP se denomina salvaguarda e no LOPA é definido como camada.

As barreiras, conforme CCPS (2014), são definidas como medidas de controle ou agrupamento de elementos de controle que, por si só, podem impedir que uma ameaça se transforme em um evento principal (barreira de prevenção) ou pode mitigar as consequências de um evento principal depois de ocorrido (barreira de mitigação). Uma barreira deve ser eficaz, independente e auditável.

O principal objetivo deste trabalho é apresentar os requisitos necessários para a gestão dinâmica de elementos críticos por meio da gestão integrada em ambiente virtual de interoperabilidade, de forma a prover uma visão geral do *status* de seus elementos críticos, melhorar o acompanhamento dos planos de ação, prover ambiente de colaboração entre diferentes áreas e auxiliar gestores e trabalhadores na gestão destes elementos. E para ilustrar este contingenciamento, foram elaboradas planilhas digitais (*excel*), cujas informações e ilustrações serão apresentadas a seguir no tópico resultados.

2. FUNDAMENTAÇÃO

2.1. RESOLUÇÕES DA AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL (ANP)

No setor de óleo e gás a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), por meio de suas regulamentações, tornou obrigatório (compulsório) que todas as instalações atendam às práticas de gestão contidas no regulamento aplicado ao tipo de instalação. Desta forma ficou instituído o Sistema de Gestão de Segurança Operacional (SGSO), que incorpora os requisitos de segurança de processo ao longo do ciclo total de vida das instalações da indústria das áreas petroquímicas de Óleo e Gás.

A primeira resolução de segurança operacional para atividades de perfuração e produção de petróleo e gás natural, ANP nº 43, de 06/12/2007, foi motivada pelos acidentes de P-36 (2001) e P-34 (2002). Nos anos seguintes, foram instituídas outras legislações para diversas áreas da indústria de óleo e gás. Seguem as principais regulamentações de segurança operacional:

- Resolução ANP nº 43, de 06/12/2007: Atividades de perfuração e produção de petróleo e gás natural;

- Resolução ANP Nº 5 de 29/01/2014: Atividades de refino de petróleo;
- Resolução ANP nº 46, de 01/11/2016: Integridade dos poços terrestres e marítimos;
- Resolução ANP nº 41, de 09/10/2015: Dutos e Sistemas Submarinos.

No próximo item será apresentada e discutida o Sistema de Gestão de Segurança Operacional (SGSO) requerido pela ANP.

2.1.1. SISTEMA DE GESTÃO DE SEGURANÇA OPERACIONAL (SGSO)

O SGSO é um conjunto de práticas de gestão que tem por objetivo a minimização dos riscos de acidentes. Na indústria de óleo e gás, devido ao grande inventário de substâncias inflamáveis, combustíveis e tóxicas, os acidentes podem ter grandes proporções, incluindo grandes explosões e vazamentos, que podem afetar as instalações e comunidades vizinhas no que se refere a pessoas e meio ambiente (ANP, 2014).

As Práticas de Gestão do SGSO da ANP são divididas em três grandes grupos:

- Práticas de Gestão relativas à Liderança, Pessoal e Gestão;
- Práticas de Gestão relativas a Instalações e Tecnologia;
- Práticas de Gestão relativas a Práticas Operacionais.

Dentro do grupo de Práticas de Gestão relativas a Instalações e Tecnologia, há o item de Elementos Críticos de Segurança Operacional.

2.1.2. ELEMENTOS CRÍTICOS DE SEGURANÇA OPERACIONAL

Os Elementos Críticos recebem esta classificação quando considerados essenciais para a prevenção ou mitigação de eventos relacionados à segurança operacional ou que, em caso de falha, possam provocar um acidente operacional. Conforme Resolução nº 5, de 29 de janeiro de 2014, são divididos em três categorias, cujas definições são apresentadas a seguir:

- **Equipamento Crítico de Segurança Operacional:** Qualquer equipamento ou elemento estrutural da Instalação que poderia, em caso de falha, causar ou contribuir significativamente para um quase acidente ou para um acidente operacional;
- **Sistema Crítico de Segurança Operacional:** Qualquer sistema de controle de engenharia que tenha sido projetado para manter a instalação dentro dos limites operacionais de segurança. E parar total, ou parcialmente, a instalação ou um processo, no caso de uma falha na segurança operacional, ou reduzir a exposição humana às consequências de eventuais falhas.
- **Procedimento Crítico de Segurança Operacional:** A equipe de operação da instalação estabelecerá procedimentos de contingência e definirá um sistema de aprovação e de controle dos mesmos, a ser utilizado quando equipamentos ou

Sistemas Críticos de Segurança Operacional estejam em condições degradadas ou fora de operação.

Tais procedimentos estabelecerão medidas temporárias para suprir a falta de equipamentos ou Sistemas Críticos de Segurança Operacional, devido à falha, degradação ou saída de operação. Tais medidas deverão incluir, quando aplicável (ANP - Resolução nº 5, 2014):

- a) Implantação de controles alternativos equivalentes;
- b) Redução e limitação da produção; e
- c) Isolamento e parada de equipamentos, sistemas, instalações.

O Operador da Instalação estabelecerá o prazo em que os procedimentos temporários serão permitidos, até que as medidas corretivas sejam tomadas.

No que tange aos sistemas envolvidos, a ANP visa, para as unidades e atividades tratadas acima, proteger a vida humana e o meio ambiente, através da adoção de Práticas de Gestão. Para tanto, considera como sistemas críticos de Segurança Operacional pelo menos os seguintes:

- a) Sistema de combate a incêndio;
- b) Sistemas instrumentados de segurança;
- c) Sistema de detecção de fogo, gás e produtos tóxicos;
- d) Sistemas de alarme de emergência;
- e) Sistemas de *shutdown* de emergência;
- f) Sistema de energia de emergência;
- g) Sistema de iluminação de emergência;
- h) Sistema de tocha (*flare*);
- i) Sistema de alívio de pressão; e
- j) E os considerados como críticos pelas análises de risco.

Para este tipo de elemento, a ANP estabelece a necessidade de identificação, gerenciamento e controle. A Figura 2 apresenta um modelo esquemático para atendimento desta necessidade.

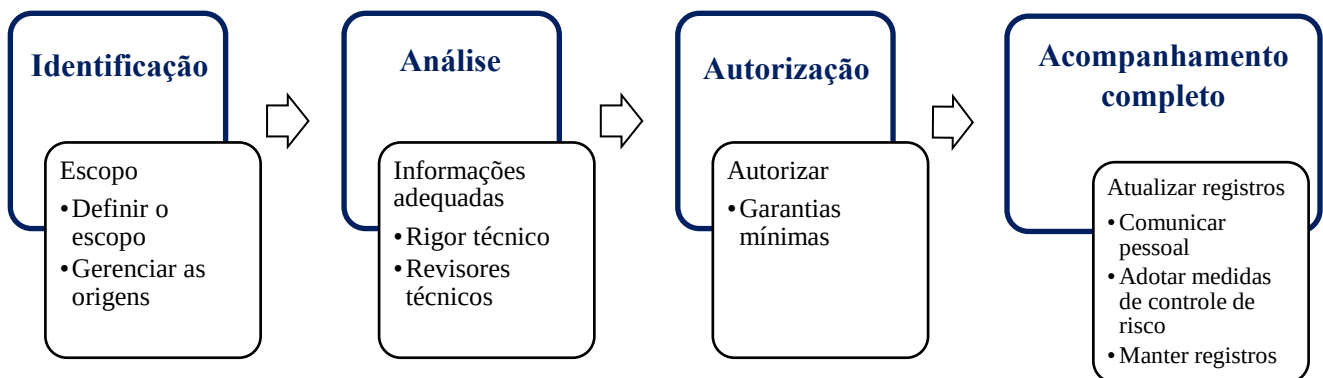


Figura 2: Ciclo de gerenciamento de elementos críticos.

2.2. GESTÃO DE MUDANÇA

No glossário do livro Diretrizes para Gerenciamento de Mudança para Segurança de Processo Baseada em Risco são apresentadas as seguintes definições (CCPS, 2014):

- **Mudança:** Qualquer adição, modificação de processo ou substituição de item (p. ex., pessoa ou coisa) que não representa uma substituição por especificação equivalente;
- **Mudança de Emergência:** Mudança necessária em uma situação na qual o tempo requerido para seguir um procedimento normal de MOC venha a resultar em um perigo inaceitável à segurança, em acidentes ambientais ou patrimoniais significantes, ou em extrema perda econômica;
- **Mudança Temporária:** Mudança implantada por um período curto, predeterminado e finito;
- **MOC (Management of Change** ou Gerenciamento de mudança, MOC ou GM) é um processo que inclui a análise e a autorização para avaliar quais alterações propostas antes de suas implementações não introduzam, inadvertidamente, novos perigos ou aumentem os riscos associados aos perigos existentes. A Gestão de Mudanças é um dos nove elementos que constituem o pilar RBPS (*Risk Based Inspection* ou Segurança de Processo Baseada em Risco) de Gestão de Riscos elaborada pelo *Center for Chemical Process Safety* (CCPS).

A Figura 3 apresenta o fluxo de ações durante o gerenciamento de mudanças de uma unidade de processo (CCPS, 2019).

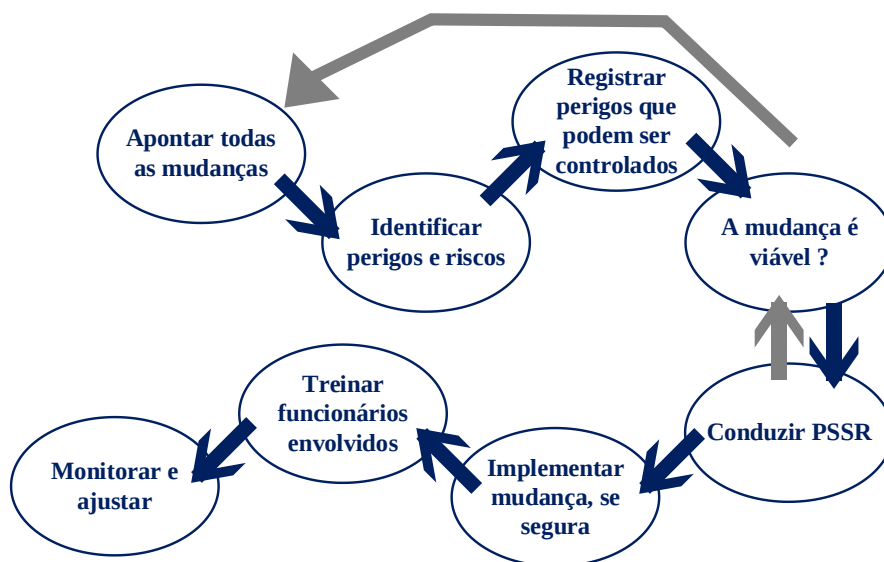


Figura 3: Fluxo do gerenciamento de mudanças (CCPS, 2019).

Conforme a Figura 3, O primeiro passo é elencar (apontar) todas as mudanças necessárias no processo. A seguir serão identificados todos os perigos e riscos relacionados à estas mudanças, e todos estes pontos devem ser registrados no âmbito adequado (planilhas eletrônicas em nuvem ou em um ambiente de interoperabilidade adequado). Deve-se avaliar a viabilidade desta mudança, tanto nos aspectos técnicos quanto econômicos. Se viável, conduzir uma *Pre start-up safety review* (PSSR), que

consiste em uma revisão completa do processo e equipamentos componentes para garantir a vigência das medidas segurança em condição de pré-partida. Se após a *PSSR* a mudança for considerada segura, esta deverá ser implementada (CCPS, 2019).

A ANP, no capítulo 4 do seu regulamento técnico SGSO (Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional), estabelece sua Prática de Gestão nº 16: Gerenciamento de Mudanças. Neste item ela define o objetivo principal, os tipos de mudanças e os procedimentos para controle de gerenciamento de mudanças.

Nos Estados Unidos o gerenciamento de mudanças é regulamentado pela Norma OSHA 29 CFR Part 1910-119 e pela EPA 40CFR Part 68.75/77.

O evento “divisor de águas” para o elemento MOC do pilar de RBPS de gestão de riscos foi o acidente em Flixborough, Inglaterra em março de 1974. Este evento envolveu uma modificação temporária para a tubulação entre reatores de oxidação de ciclohexano em uma tentativa de manter a produção (PSMAN, ROGERS e MANNAN, 2018).

O Processo de Gerenciamento de Mudanças é importante para a segurança das operações, pois com ele é possível, entre outras coisas, evitar a instalação de “armadilhas” nas frentes operacionais; promover a identificação e a análise dos riscos através do uso de técnicas adequadas; definir uma hierarquia de aprovação para as etapas do gerenciamento das mudanças e garantir que a Força de Trabalho esteja ciente e atualizada com relação às alterações no local de trabalho (PSMAN, ROGERS e MANNAN, 2018).

O gerenciamento de mudança envolve necessariamente as seguintes etapas:

- Reconhecimento de situações de Mudança;
- Avaliação dos Perigos;
- Decisão quanto à permissão da mudança;
- Controle necessário de riscos e medidas de acompanhamento.

2.3. INTEROPERABILIDADE

A interoperabilidade é a capacidade de diversos sistemas e organizações trabalharem em conjunto (interoperar), de modo a garantir que pessoas, organizações e sistemas computacionais interajam para trocar informações de maneira eficaz e eficiente (ZONDERVAN, 2022).

2.3.1. INTEROPERABILIDADE E INTEGRAÇÃO

Os conceitos de interoperabilidade e integração são muitas vezes utilizados como sinônimos na área de Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC). Entretanto, esses conceitos são distintos, embora complementares.

Integração refere-se ao processo de conectar dois ou mais sistemas gerando uma dependência tecnológica entre estes (ZONDERVAN, 2022). Serve para facilitar o acesso à informação, e consequentemente melhorar a comunicação dentro da empresa, de forma que ela se comporte como um “todo” integrada.

Um exemplo de integração é um sistema de gestão de qualidade (SGQ), em que vários setores e sistemas alimentam de forma padronizada o SGQ. Todas as informações necessárias para as tomadas de decisões gerenciais ficam agrupadas e padronizadas em um único sistema.

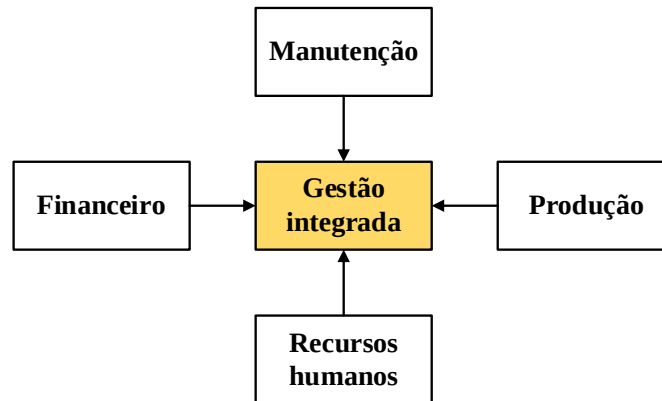


Figura 4: Exemplo de integração (sistema convencional).

Interoperabilidade é a capacidade de um sistema se comunicar de forma transparente, ou o mais próximo disso, com outro sistema, isto é, a habilidade de um sistema transferir e utilizar informações de maneira uniforme e eficiente entre vários setores, de uma organização (FLYNN e THEODORE, 2001). Em termos mais claros, é um software, ou plataforma, que estabelece comunicação entre diferentes softwares ou ambientes de banco de dados, como ilustrado pela Figura 5, fazendo com que a informação seja disponibilizada em um ambiente comum, capturada e processada. A resposta do processamento também será disponibilizada em um ambiente comum.

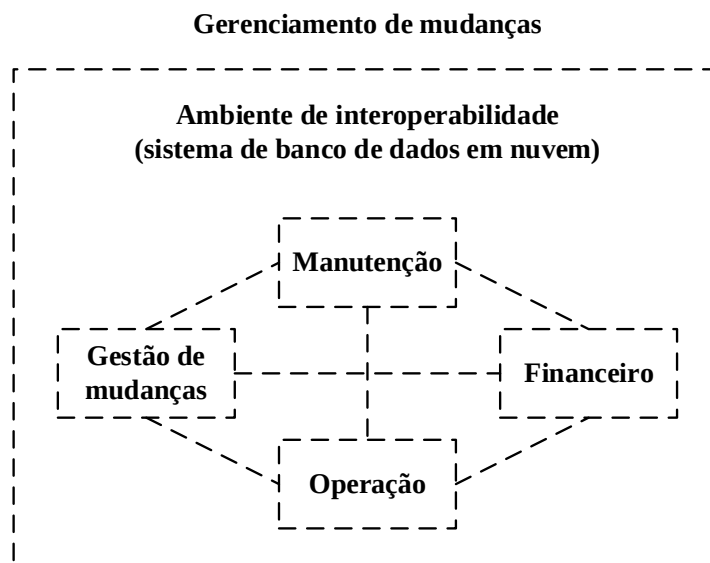


Figura 5: Exemplo de integração em um ambiente de interoperabilidade.

No exemplo de sistema de interoperabilidade, a informação de falha de um equipamento crítico proveniente do sistema de controle operacional é disponibilizada a rede de comunicação. Esta informação será utilizada pelo sistema de manutenção, de forma automática, para a abertura da ordem de serviço, por sua vez o sistema de gestão de mudança vai utilizar a mesma informação para a abertura de uma MOC do equipamento crítico degradado, após o processamento todos os envolvidos serão informados e a situação de indisponibilidade do equipamento será a mesma em todos os sistemas que fazem parte da rede de comunicação.

Principais benefícios da interoperabilidade (ZONDERVAN, 2022):

- Compartilhamento das informações entre os sistemas e setores;
- Possibilidade de trabalhar com sistemas heterogêneos (fornecedores, plataformas e tecnologias distintas);
- Respeito à autonomia dos sistemas envolvidos;
- Eliminação de informações redundantes.

2.4. SOFTWARES DE APOIO A ENGENHARIA

2.4.1. SOFTWARES CAE (*COMPUTER AIDED ENGINEERING*)

Nos meios industriais modernos, todas as informações de operação, manutenção e gestão são armazenadas em nuvem e disponibilizadas em softwares de bancos de dados. Softwares especializados, chamados de softwares CAE (*computer-aided engineering*)

A sigla faz referência a um conjunto de softwares que servem para auxiliar os profissionais de engenharia no desenvolvimento de produtos, gerenciamento de informações de sistemas e serviços. No contexto de engenharia de processos são sistemas de bancos de dados que permitem o fluxo de informações entre diferentes equipes, no caso dos processos industriais, geralmente as equipes de operação, manutenção, financeiro e gestão. Dentre outras nomenclaturas e estruturas que variam de companhia para companhia.

2.4.2. POWER BI

O *Power BI* é uma aplicação desenvolvida pela *Microsoft* que consiste em uma coleção de serviços de software, aplicativos e conectores que trabalham juntos para transformar suas fontes de dados não relacionadas em informações coerentes, visualmente envolventes e interativas (MICROSOFT, 2023).

Com esta ferramenta é possível conectar facilmente fontes de dados, visualizar e descobrir conteúdo importante e compartilhá-lo com membros da organização de diferentes áreas de atuação. É possível trabalhar com a ferramenta em *desktop*, em ambiente *online* ou em aplicativo *mobile*. As três versões trabalham de forma interativa. Conforme ilustrado pela Figura 6.

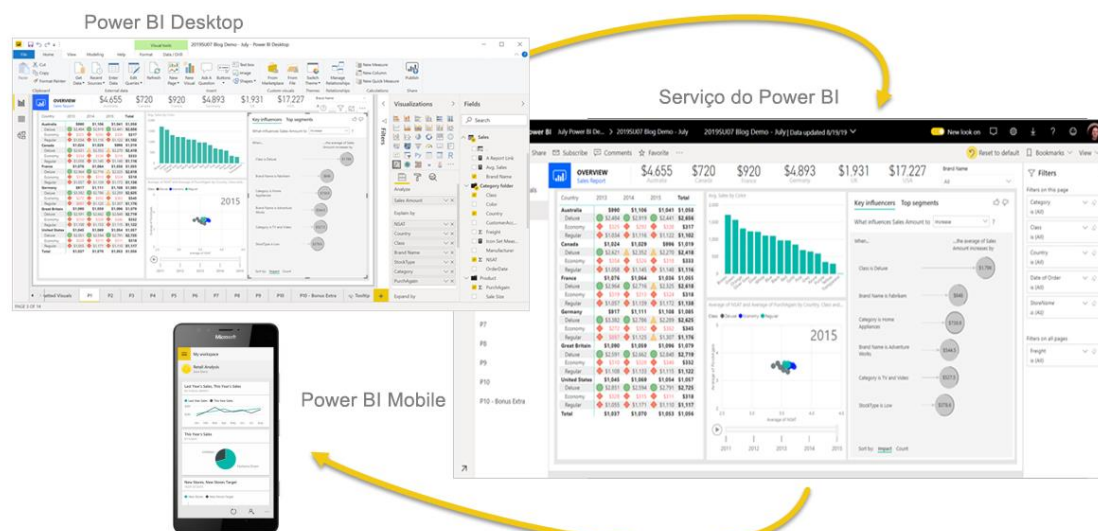


Figura 6: Elementos do Power BI.

O *Power Bi*, é um serviço de análise de dados, utilizado no ambiente de referência para o trabalho. No próximo tópico será apresentada a metodologia do trabalho.

3. METODOLOGIA

3.1. Criação da planilha excel ilustrativa

Foi feita a criação de uma tela com o fluxograma do processo, neste fluxograma estão destacados os elementos críticos do processo. Cada elemento com seu respectivo status em relação a disponibilidade, podendo estar representado como disponível, degradado ou indisponível, conforme as definições apresentadas pela **Resolução ANP N° 5** de 29/01/2014 e exibidas no Quadro 1.

Disponível	Indisponível	Degradado
Barreira projetada ou elaborada, conforme as normas pertinentes, disponível fisicamente, com desempenho previsto em projeto e capaz de desempenhar sua função de segurança quando solicitada (testada).	Barreira com sua função de segurança indisponível, devido a falha de projeto, falha mecânica total, falha total em teste de performance, entre outras.	Barreira degradada, com sua função de segurança parcialmente comprometida, devido à falha de projeto, falha mecânica parcial, ausência de testes de performance, falha parcial em teste de performance.

Quadro 1: Conceitos de disponibilidade, conforme ANP

Através de uma planilha *excel* e linguagem *Visual Basic Advanced* (VBA), são coletados, inseridos e processados no *Power BI* dados disponibilizados pelo sistema supervisorio da instalação, pelo sistema de manutenção e gestão de equipamentos e pelo sistema de gerenciamento de mudanças.

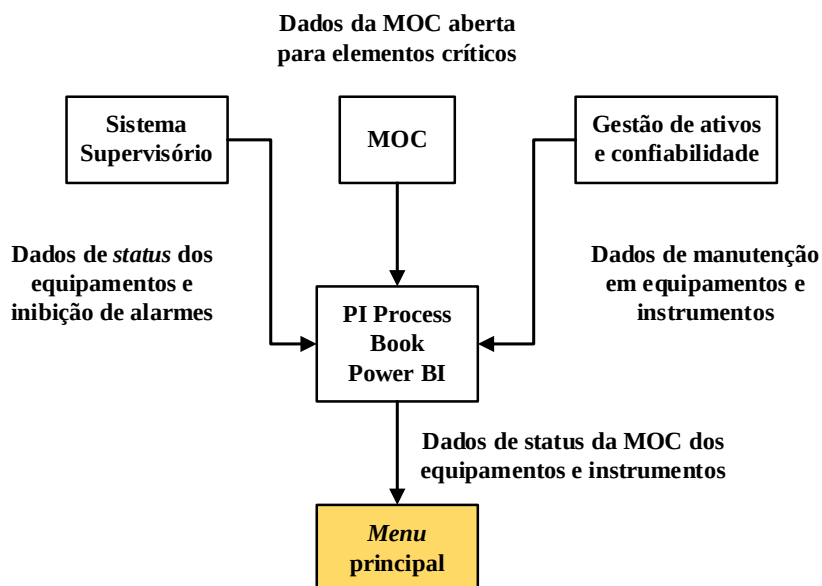


Figura 7: Fluxo de informações dentro da ferramenta a ser implementada com Power BI.

As informações são agrupadas em um único ambiente, no qual estas alimentarão o *status* dos equipamentos que necessitam ou já possuem pelo menos uma gestão de mudança em andamento.

No Power BI estará a tela com o fluxograma de engenharia que mostrará a situação dos equipamentos em relação a gestão de mudança. A condição do equipamento ou instrumento será definido por cor e representa o motivo da mudança implementada conforme o Quadro 2.

Cor do Status do Equipamento	Descrição do Status do Equipamento
VERDE	Equipamento Disponível – Sem MOC em Andamento
AMARELO	Equipamento alha – MOC em elaboração
CINZA	Equipamento com MOC em andamento
VERMELHO	Equipamento com MOC aberta - Barreiras não implementas

Quadro 2: Representação do estado dos equipamentos

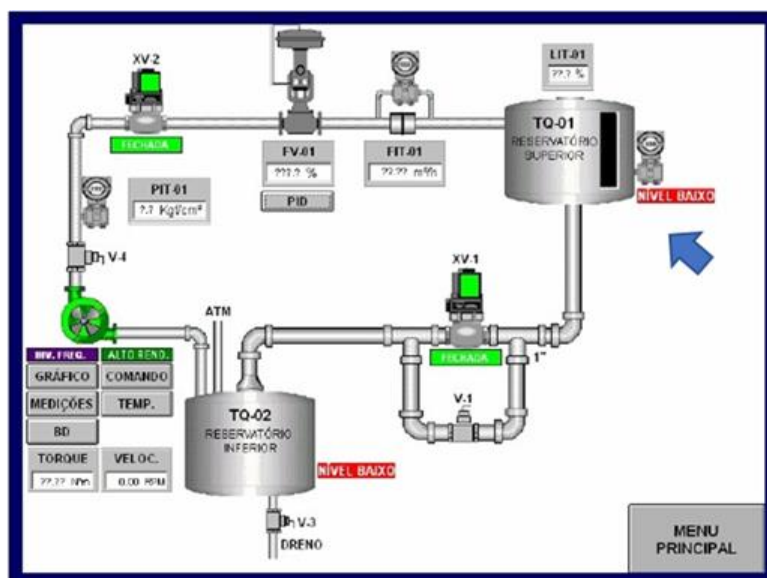
Um clique no campo do equipamento mostrará ao usuário da ferramenta uma tabela com as seguintes informações:

- Motivo da gestão de mudança
 - o Mudança por inibição de alarme
 - o Mudança provocada por manutenção preventiva
 - o Mudança provocada por não conformidade
- Informações da análise de risco realizada para implantação da mudança
- As ações de contingenciamento e seus responsáveis;
- O responsável pela verificação das ações de contingenciamento.

A Figura 8 apresenta um exemplo de fluxograma de processo, na qual são destacados os elementos críticos e seus respectivos *status* em relação a disponibilidade. Esta tela fica disponível para o operador e para todos os envolvidos no monitoramento e manutenção e, ao clicar em um desses equipamentos, o profissional visualizará uma planilha onde será apresentada a análise de risco já realizada, as ações da gestão de mudança, seus respectivos responsáveis e prazos, além das ordens de serviço em aberto para intervenção no equipamento, caso haja.

A parte inferior da Figura 8 apresenta como exemplo as informações a respeito de um transmissor de nível, LIT-001, que está indisponível por falha do equipamento. Na mesma tela são apresentadas a análise de risco com suas respectivas recomendações e o relatório das ações de contingência, exibindo ações, bem como seus respectivos responsáveis e prazos. Neste exemplo específico, todas as ações já foram quitadas, portanto são exibidos também a data de conclusão e o responsável pela verificação.

Esta planilha é alimentada a partir dos dados do sistema supervisório, dados do sistema de gestão dos equipamentos (com informações de equipamentos que apresentam defeito, falhas ou que estejam inibidos) e dados do sistema de gerenciamento de mudanças. Esses três sistemas alimentam de forma integrada um outro sistema, como o Power BI, que apresenta todas as informações de forma integrada, simples e atualizada.



Informações sobre a MOC
nesse no elemento

GERENCIAMENTO DE MUDANÇAS (MOC)

Elemento Crítico: LIT-001

Motivo da MOC: Inibição de Alarme

Análise de Riscos (tabela modelo do aplat)

AÇÃO	Causas	Consequencia	Salvaguardas	Frequencia	Severidade	Risco	Recomendações

Relatório de Ações de Contingência

AÇÃO	Descrição	Prazo para Implantação	Equipe		
			Responsável pela execução	Data da Execução	Responsável pela verificação
A1			E.M.P		G.I
A2			E.A.		G.I
A3			E.A/E.M.P		G.I

Figura 8: Representação do menu principal e da planilha de gerenciamento de mudanças (MOC).

3.2. Delimitação do trabalho

Para a realização deste trabalho, em virtude da complexidade do tema, foi necessário limitar o seu escopo. Desta forma será listado abaixo, algumas simplificações necessárias para a sua realização:

- Não foram feitas aplicações em Power BI: devido à complexidade de elaboração de sistemas de comunicação, e interoperabilidade, entre os

sistemas de banco de dados, sistemas de gestão e de processamento. Não foram elaboradas *dashboards* que precisariam de dados de operação, de gestão e de manutenção. E cuja programação, e aquisição dos dados, dentro do período proposto para o trabalho seria de extrema dificuldade;

- *Não foram abordados elementos de cybersegurança e segurança informacional*: Este trabalho tem como escopo a análise do gerenciamento de elementos críticos em situações de indisponibilidade temporária. Sistemas de interoperabilidade podem apresentar problemas relacionados a confiabilidade da informação e de segurança, estes elementos não foram abordados neste trabalho;
- Não serão abordados elementos de engenharia de sistemas de computação e requisitos operacionais técnicos da área;
- Os estudos de caso foram adaptados de unidades *offshore* existentes, mas são sistemas hipotéticos em virtude de políticas de *compliance*.

Este trabalho visa apresentar como seria o funcionamento de um sistema de gestão de mudança para contingenciamento de elementos críticos (em casos de indisponibilidade temporária) dentro de um ambiente de interoperabilidade. E para ilustrar este contingenciamento, foram elaboradas planilhas digitais (*excel*), cujas informações e ilustrações serão apresentadas a seguir no tópico resultados.

4. RESULTADOS

Foram selecionados três exemplos de elementos críticos e elaboradas planilhas representando o ambiente a ser desenvolvido.

Nos próximos itens serão apresentadas as planilhas dos estudos de caso que servirão como modelo para implementação do ambiente de interoperabilidade, através de softwares comerciais, como os da *Microsoft (Power BI)*.

Os estudos de caso apresentados foram escolhidos como exemplo por serem situações que ocorrem com frequência na indústria de óleo e gás, possibilitando ilustrar situações que são corriqueiras e importantes para a segurança operacional das instalações.

O ponto mais importante do trabalho foi a apresentação de um modelo capaz de facilitar o gerenciamento dos elementos críticos através da apresentação de informações na forma de fluxograma e detalhamento de várias informações, que antes estariam distribuídas em diferentes sistemas, em uma única página. Nesta página as informações são apresentadas utilizando diferentes cores para facilitar a captura de informações. O resultado obtido com este modelo é uma contribuição significativa para atendimento às exigências legais da ANP e sobretudo contribuição para o aumento da segurança operacional.

4.1. Válvulas de shutdown da fronteira de poços produtores de petróleo

São válvulas automatizadas utilizadas para isolar trechos de tubulações em situação de emergência, seja por sobrepressão ou detecção de um evento perigoso.

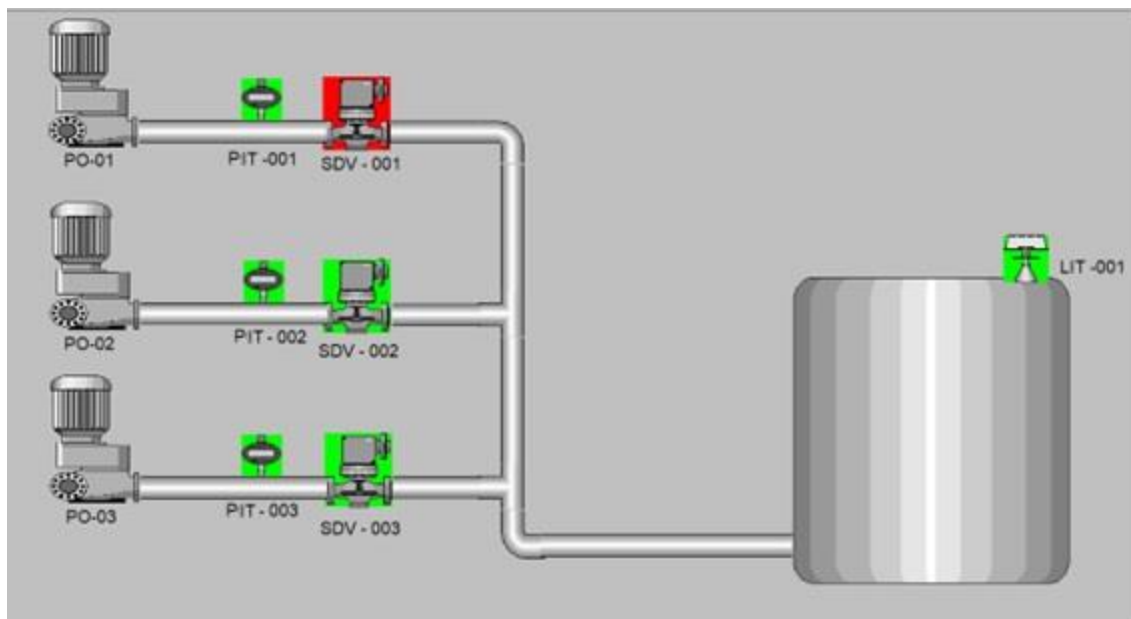


Figura 09: Imagem interativa das válvulas de shutdown existentes na instalação

A imagem acima apresenta a indicação das válvulas de shutdown da fronteira de poços produtores de petróleo. A cor indica o status das válvulas com relação a sua disponibilidade. Ao clicar na imagem em uma das SDVs é exibida a síntese de informações a respeito do seu contingenciamento, análise de risco, plano de ação, responsáveis, etc. A Figura 09 apresenta os dados exibidos ao clicar na SDV-001.

Elemento Crítico: SDV-001
Motivo da MOC: Falha em Instrumento

Análise de Riscos					Severidade			Risco			Recomendações
Perigo	Causas	Consequência	Salvaguardas	Frequência	P	PT	M	P	PT	M	
Grande liberação de líquido inflamável	Falha na malha de controle LIT-001	Possibilidade de danos a bomba do poço PO-01; Contaminação do solo; Perda de produção de óleo (parada do poço).	Padrão Operacional PIT-001	D	III	II	III	M	M	M	Parada do poço PO-01

Ações de Contingenciamento

AÇÃO	Descrição	Equipe			
		Resp. Execução	Data Execução	Sp. Verificação	Data Execução
A0	Parar produção no poço PO-01.	E.M.P	Imediata	G.M	Imediata
A1	Informar a força de trabalho indisponibilidade da SDV-001	E.P	Imediata	G.I	2 Dias
A2	Manutenir SDV-	E.A/E.M.P	7 Dias	G.M	9 Dias
A3	Retornar produção no poço	E.M.P	9 Dias	G.M	10 Dias
A4	Informar a força de trabalho disponibilidade da SDV-001	E.P	10 Dias	G.I	10 Dias

Matriz de risco - FM2S

Probabilidade	90%	Médio	Médio	Alto	Alto	Alto
	70%	Baixo	Médio	Médio	Alto	Alto
	50%	Baixo	Baixo	Médio	Alto	Alto
	30%	Baixo	Baixo	Médio	Médio	Alto
	10%	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Médio
		Baixíssimo	Baixo	Médio	Alto	Altíssimo
Impacto						

Prazo (urgência) - Para implementação da MOC

ALTO - 1 semana

MÉDIO - 1 mês

BAIXO - 6 meses

BAIXÍSSIMO - Indeterminado

Figura 10: Síntese de dados relacionados a válvula de shutdown SDV-001

O possível perigo gerado pela indisponibilidade da SDV-001 do sistema da figura 09 - *Grande Liberação de Líquido Inflamável* foi identificado e avaliado pela técnica de APR (figura 10). Sua causa seria a falha na malha de controle do LIT-001 e as possíveis consequências seriam: danos a bomba do poço PO-01, contaminação do solo e perda de produção de óleo (parada do poço). O PIT-001 e o padrão operacional foram considerados salvaguardas preventivas. O risco é determinado através da combinação da frequência com a severidade, conforme matriz de tolerabilidade de riscos (LAFRAIA, J. R. B.) e obteve-se o risco moderado, de forma que a recomendação é de se parar o sistema, parada do poço PO-01. Ações de contingenciamento foram elencadas e um plano de ação (figura 10) foi definido, tomando como referência para determinação do prazo (urgência) para implementação das ações a matriz de risco acima (figura 10).

4.2. BOMBAS DE COMBATE A INCÊNDIO

As bombas de combate a incêndio são equipamentos que tem por objetivo fornecer a pressão necessária para bombear a água com a vazão elevada até os dispositivos do sistema de combate a incêndio por aspersão, como sprinklers e hidrantes. Como são equipamentos utilizados em situações de emergência, normalmente possuem seu próprio gerador de energia elétrica, sendo o mais empregado motores a diesel.

Embora o sistema funcione com duas bombas, sendo uma em redundância com a outra, o exemplo foi considerado uma mudança, pois no caso de indisponibilidade temporária, a outra bomba deixa de ter redundância. O gerenciamento de mudança é feito com o objetivo de avaliar os riscos de operar apenas com uma das bombas operacional, considerando a possibilidade de que também apresente falha, defeito ou opere de forma degradada.

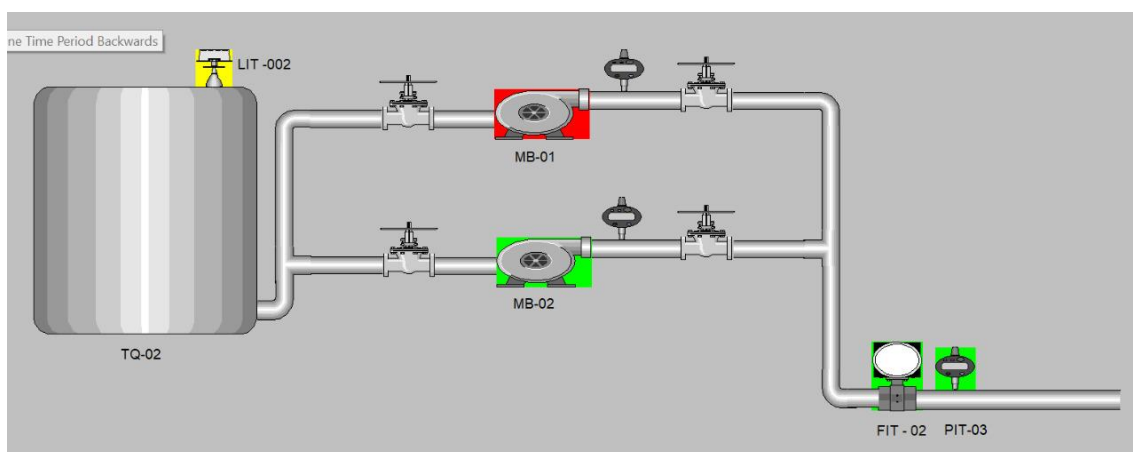


Figura 11: Imagem interativa das bombas de combate a incêndio existentes na instalação

A imagem acima apresenta a indicação das moto-bombas de combate a incêndio por água. A cor indica o status de cada conjunto moto-bomba com relação a sua disponibilidade. Ao clicar em um dos elementos críticos é exibida a síntese de informações a respeito do seu contingenciamento, análise de risco, plano de ação, responsáveis, etc. A Figura 12 apresenta os dados exibidos ao clicar na MB-01.

GERENCIAMENTO DE MUDANÇAS (MOC)

Elemento Crítico: MB-01

Motivo da MOC: Falha em Equipamento

Análise de Riscos

Perigo	Causas	Consequência	Salvaguardas	Frequência	Severidade			Risco			Recomendações
					P	PT	M	P	PT	M	
Indisponibilidade de água para cenário de combate a	Falha no fornecimento de água pelo TQ-02.	Impossibilidade de combate a cenários de grandes	Não há	B	IV	IV	IV	M	M	M	Utilizar bomba reserva

Ações de Contingenciamento

AÇÃO	Descrição	Resp. Execução	Data Execução	Equipe	
				Sp. Verificação	Data Execução
A0	Substituir MB-01 por bomba reserva	E, M, P	Imediata	G, M	Imediata
A1	Informar a força de trabalho indisponibilidade da MB-001	E, P	Imediata	G, I	1 Dias
A2	Manutenir MB-01	E, A/E, M, P	2 Dias	G, M	3 Dias
A3	Retonar MB-01	E, M, P	3 Dias	G, M	4 Dias
A4	Informar a força de trabalho disponibilidade da MB-001	E, P	4 Dias	G, I	4 Dias

Figura 12: Síntese de dados relacionados a bomba de combate a incêndio MB-01

Como no exemplo anterior o possível perigo gerado pela indisponibilidade da M-01 do sistema da figura 11 – *Indisponibilidade de água para cenário de combate a incêndio* foi identificado e avaliado pela técnica de APR (figura 12). Sua causa seria a falha no fornecimento de água pelo TQ-02 e a possível consequência seria a impossibilidade de combate a cenários de grandes incêndios. Para este exemplo não foi identificada salvaguarda preventiva. O risco é determinado através da combinação da frequência com a severidade (LAFRAIA, J. R. B.) e para esse caso obteve-se o risco moderado e como há uma bomba reserva, a recomendação é de se utilizar essa bomba. Ações de contingenciamento foram elencadas e um plano de ação (figura 12) foi definido, tomando como referência para determinação do prazo (urgência) para implementação das ações a matriz de risco acima (figura 12).

4.3. DETECTORES DE GÁS

Os detectores de gás são equipamentos com a função de identificar e avaliar os potenciais gases existentes em um determinado espaço. Através de sensores muito sensíveis e eficientes, eles medem a atmosfera do local a fim de averiguar se está seguro para a presença dos profissionais.

No caso de falha em um detector de gás é importante o gerenciamento de mudanças devido a necessidade de alterar a lógica de votação. Na análise de riscos devem ser avaliados os impactos dessa alteração, além de considerar os riscos associados a possíveis atuações espúrias dos demais detectores que continuam em operação.

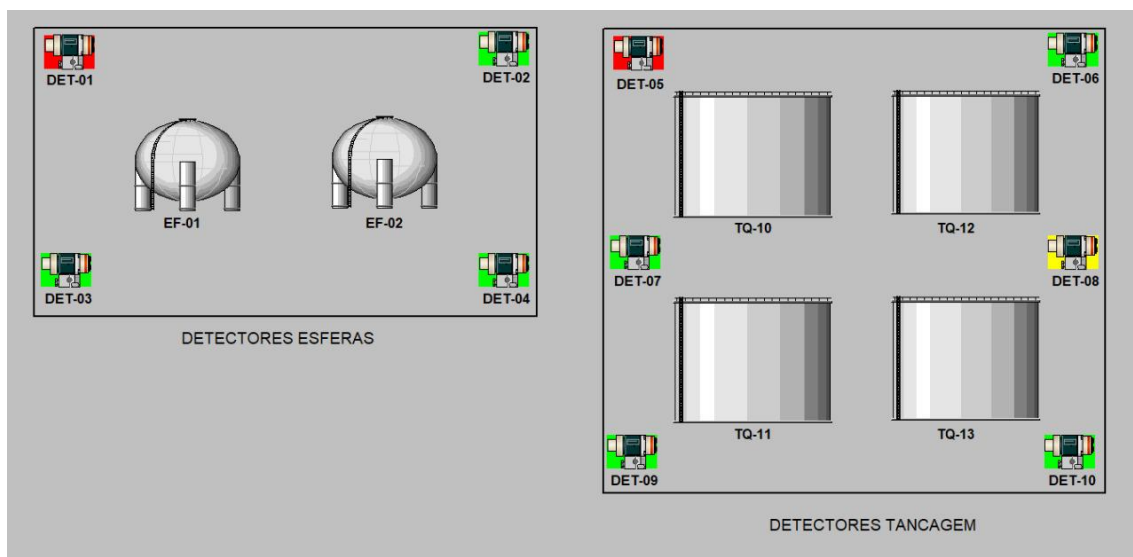


Figura 13: Imagem interativa dos detectores de gás existentes em determinada zona da instalação

A imagem acima apresenta a indicação dos detectores de gás de uma determinada zona da instalação. A cor indica o status dos detectores de gás com relação a sua disponibilidade. Ao clicar em um dos elementos críticos da imagem é exibida a síntese de informações a respeito do seu contingenciamento, análise de risco, plano de ação, responsáveis, etc. A Figura 14 apresenta os dados exibidos ao clicar no DET-001.

GERENCIAMENTO DE MUDANÇAS (MOC)

Elemento Crítico: DET-01

Motivo da MOC: Falha em Instrumento

Análise de Riscos

Perigo	Causas	Consequência	Salvaguardas	Frequência	Severidade			Risco			Recomendações
					P	PT	M	P	PT	M	
Grande Liberação de gás inflamável	Falha na detecção de vazamento de gás na região das	Incêndio em nuvem, explosão.	Não há	B	IV	IV	I	HT	HT	T	Utilizar detector reserva

Ações de Contingenciamento

AÇÃO	Descrição	Equipe			
		Resp. Execução	Data Execução	sp. Verificação	Data Execução
A0	Substituir DET-01 por detector reserva.	E.M.P	Imediata	G.M	Imediata
A1	Informar a força de trabalho indisponibilidade do DET-01	E.P	Imediata	G.I	2 Dias
A2	Manutenir DET-01	E.A/E.M.P	7 Dias	G.M	9 Dias
A3	Retornar DET-01	E.M.P	10 Dias	G.M	10 Dias
A4	Informar a força de trabalho disponibilidade do DET-01	E.P	10 Dias	G.I	10 Dias

Equipe

G.I - Gerente industrial (operação);

G.M - Gerente de manutenção;

E.M.P - Engenheiro de manutenção preventiva;

E.A - Engenheiro de automação;

E.P - Engenheiro de processamento

Matriz de risco - FM25

Probabilidade	90%	Médio	Médio	Alto	Alto	Alto
	70%	Baixo	Médio	Médio	Alto	Alto
	50%	Baixo	Baixo	Médio	Alto	Alto
	30%	Baixo	Baixo	Médio	Médio	Alto
	10%	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Médio
		Baixíssimo	Baixo	Médio	Alto	Altíssimo
Impacto						

Prazo (urgência) - Para implementação da MOC

ALTO - 1 semana

MÉDIO - 1 mês

BAIXO - 6 meses

BAIXÍSSIMO - Indeterminado

Figura 14: Síntese de dados relacionados ao detector de gás DET-01

Como nos exemplos anteriores o possível perigo gerado pela indisponibilidade do detector DET-01 do sistema da figura 13 – *Grande Liberação de gás inflamável* foi identificado e avaliado pela técnica de APR (figura 14). Sua causa seria a falha na detecção de vazamento de gás na região das esferas e a possível consequência seria incêndio em nuvem e explosão. Para este exemplo não foi identificada salvaguarda preventiva. O risco é determinado através da combinação da frequência com a severidade (LAFRAIA, J. R. B.) e para esse caso obteve-se o risco não tolerável e como há um detector reserva, a recomendação é de se utilizar esse detector. Ações de contingenciamento foram elencadas e um plano de ação (figura 14) foi definido, tomando como referência para determinação do prazo (urgência) para implementação das ações a matriz de risco acima (figura 14).

4.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como resultado uma representação gráfica de um modelo de gestão de mudança para contingenciamento de elementos críticos em casos de indisponibilidade temporária a ser implementado através de um ambiente de interoperabilidade, como o *Power BI*.

As figuras 08, 10 12 e 14 apresentam os dados sintetizados de gestão de mudança, análise de risco, plano de ação, responsáveis, número de ordem de serviço e prazo para a execução, de acordo com o nível de risco. Outra grande vantagem é a indicação de status e nível de risco a partir de cores.

Esta solução viabiliza economia de tempo no levantamento de informações, garantia de informações atualizadas e como resultado melhora o gerenciamento de riscos, elevando os níveis de segurança.

Conforme dito anteriormente, a solução facilita o gerenciamento dos elementos críticos através da apresentação de informações na forma de fluxograma e detalhamento de várias informações, que antes estariam distribuídas em diferentes sistemas, em uma única página. Nesta página as informações são apresentadas utilizando diferentes cores para facilitar a captura de informações. Além disso, permite melhorar todo o processo de gerenciamento de mudanças, pois apresenta um acompanhamento do plano de ação, permitindo que os profissionais de diferentes áreas tomem conhecimento do andamento e das pendências existentes. Os gestores podem utilizar a ferramenta para acompanhamento e cobrança da equipe, conforme necessidade.

Com o modelo apresentado implementado, o resultado é uma contribuição significativa para atendimento às exigências legais da ANP e sobretudo contribuição para o aumento da segurança operacional.

REFERÊNCIAS

ANP: Agência Nacional de Petróleo. **Resolução ANP nº 43**, de 06/12/2007: Atividades de perfuração e produção de petróleo e gás natural.

ANP: Agência Nacional de Petróleo. **Resolução ANP Nº 5** de 29/01/2014: Atividades de refino de petróleo.

ANP: Agência Nacional de Petróleo. **Resolução ANP nº 41**, de 09/10/2015: Dutos e Sistemas Submarinos.

ANP: Agência Nacional de Petróleo. **Resolução ANP nº 46**, de 01/11/2016: Integridade dos poços terrestres e marítimos.

ANP: Agência Nacional de Petróleo. **Resolução ANP Nº 881**, de 08/07/2022: uso dos terminais aquaviários existentes ou a serem construídos, para movimentação de petróleo, de derivados de petróleo, de derivados de gás natural e de biocombustíveis.

ANP: Agência Nacional de Petróleo. **Regulamento Técnico ANP nº 2/2014**: Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional para Refinarias de Petróleo.

CCPS: **Center for Chemical Process Safety**. Disponível em: <<https://www.aiche.org/ccps>>.

CCPS; PETROBRAS (2014). **Diretrizes para segurança de processo baseada em risco**. 1. ed. [s.l.] Editora Interciência Ltda. p. 872.

CCPS (2019). **Guidelines for Investigating Process Safety Incidents**, 3rd Edition. Wiley, ISBN: 978-1-119-52907-1, p.480.

CCPS (2019). **Diretrizes Para Gerenciamento de Mudança Para Segurança de Processo**, Editora Interciência; 1ª edição, p. 194.

CCPS (2021). **Diretrizes Para Elaborar Procedimentos Eficazes de Operação e Manutenção**. Editora Interciência; 1ª edição, p. 154.

CCPS (2021). **Diretrizes Para Definição de Requisitos de Competência em Segurança de Processo**. Editora Interciência; 1ª edição, p. 76.

CCPS (2022). *Process Safety for Engineers: An Introduction*. Wiley-Aiche; Segunda Edição, p. 560.

CROWL, D. A.; LOUVAR, J. F. (2014). **Segurança de processos químicos: Fundamentos com aplicações**. Interciência, p. 680.

CSB: *U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board*. Disponível em: <https://www.csb.gov>.

EPA: Environmental Protection Agency. **EPA 40CFR Part 68.75/77 - Management of change**, de 01/07/2000.

EPSC: *European Process Safety Centre*. Disponível em: <https://www.epsc2022.eu/>.

FLYNN, A. M.; THEODORE, L. (2001). *Health, Safety, and Accident Management in the Chemical Process Industries: A Complete Compressed Domain Approach*. CRC Press, 1ST edition. ISBN: 978-1-4822-7109-6, p. 677.

FYFFE, L., KRAHN, S., CLARKE, J., KOSSON, D., HUTTON, J. (2016). *A preliminary analysis of Key Issues in chemical industry accident reports*. *Safety Science*, 82, 368–373. doi:10.1016/j.ssci.2015.10.008.

HYATT, N. (2006). *Incident Investigation and Accident Prevention in the Process and Allied Industries*, CRC Press, 1ST edition. ISBN: 978-1-4398-2244-9, p. 541.

KLETZ, T. (2013). **O que Houve de Errado?: Casos de Desastres em Plantas de Processo e Como Eles Poderiam ter Sido Evitados**, Interciência; 1ª edição. ISBN: 978-8571932999, p. 688.

KLETZ, T e AMYOTTE, P. *What Went Wrong?: Case Histories of Process Plant Disasters and How They Could Have Been Avoided*, 6th Edition, p. 840.

MARSH (2022). *100 largest losses in the hydrocarbon industry 28th Edition*. *U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board | CSB*.

MICROSOFT (2023). **Power Bi**. Acessado em 05/01/2023.

<<https://powerbi.microsoft.com/pt-br/>>

OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) - **1910.119 - Process safety management of highly hazardous chemicals**, de 13/09/2014.

PASMAN, H. J.; ROGERS, W. J.; MANNAN, M. S. (2018). *How can we improve process hazard identification? What can accident investigation methods contribute and what other recent developments? A brief historical survey and a sketch of how to advance*. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, (), S0950423018300329–. doi:10.1016/j.jlp.2018.05.018.

PETER, S., GENSERIK R., PAUL, S. (2021). *Predicting major hazard accidents by monitoring their barrier systems: A validation in retrospective*. *Process Safety and Environmental Protection*, doi:10.1016/j.psep.2021.07.006.

SIEMENS COMPANY. **Software Comos**. Acessado em 05/01/2023.

< <https://new.siemens.com/br/pt/produtos/software/industria/comos/portfolio.html>>

ZONDERVAN, E. **Process Systems Engineering For a Smooth Energy Transition**. Editora De Gruyter, 2022. p. 444.

LAFRAIA, J. R. B. **Liderança para SMS: Segurança, meio Ambiente e Saúde. Compreendendo a Influência da Mente na Percepção de Risco**. Qualitymark, 2011.