



Engenharia de hibernação e o método *Bow Tie*: melhoria na gestão de riscos para maior integridade de um sistema de pull in/out

Title Hibernation engineering and the Bow Tie method: improving risk management for greater integrity of a pull in/out system

Juliano Gomes da Silva^{1,*}, Carlos Frederico de Oliveira Barros²

¹ Aluno do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas Computacionais, Universidade Federal Fluminense – UFF, campus Rio das Ostras, RJ, Brasil

² Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas Computacionais, Universidade Federal Fluminense – UFF, campus Rio das Ostras, RJ, Brasil

*Autor para correspondência, E-mail: julianogs@id.uff.br

Received: 18 November 2024 | Accepted: 17 December 2024 | Published online: 26 December 2024

Resumo: Os riscos à integridade estão presentes em todo ciclo de vida de um ativo, inclusive quando em regime temporário de desativação, chamado de hibernação. Neste estudo, verificou-se que durante a hibernação de um guincho pull in/out, usado para conexão/desconexão de linhas marítimas de petróleo, houve falhas na gestão de riscos à integridade, que levaram a lucro cessante, impacto ambiental e lesão. Assim, objetivou-se estruturar, à luz da metodologia *Bow Tie*, barreiras à degradação visando melhorar a integridade para operações futuras. Para tal, adotou-se uma abordagem qualitativa baseada na revisão da literatura, levantamento de campo e documental, além das técnicas de APR (Análise Preliminar de Riscos), Matriz de Risco e AAF (Árvore de Análise de Falhas) no auxílio a coleta e análise de dados para construção do diagrama *Bow Tie*. O método Soft DSR (*Soft Design Science Resarsh*) mostrou-se adequado para as etapas dessa abordagem metodológica. O resultado foi uma gestão de riscos à degradação mais robusta, a partir da solução consolidada em um diagrama *Bow Tie* e um plano de ação, estruturados em 15 barreiras preventivas e 14 mitigatórias/recuperação, com reflexos em segurança e prontidão do equipamento. Palavras-chave: engenharia; hibernação; risco; integridade; *Bow Tie*.

Abstract: Integrity risks are present throughout the life cycle of an asset, including when in a temporary deactivation regime, called hibernation. In this study, it was found that during the hibernation of a pull in/out winch, used for connection/disconnection of offshore oil lines, there were failures in the management of integrity risks, which led to loss of profit, environmental impact and injury. Thus, the objective was to structure, in the light of the *Bow Tie* methodology, barriers to degradation in order to improve integrity for future operations. To this end, a qualitative approach was adopted based on literature review, field and documentary survey, in addition to the techniques of APR (Preliminary Risk Analysis), Risk Matrix and AAF (Failure Analysis Tree) to help the collection and analysis of data for the construction of the *Bow Tie* diagram. The Soft DSR (*Soft Design Science Research*) method proved to be adequate for the stages of this methodological approach. The result was a more robust degradation risk management, based on the solution consolidated in a *Bow Tie* diagram and an action plan, structured in 15 preventive barriers and 14 mitigation/recovery barriers, with reflections on safety and equipment readiness.

Keywords: engineering; mothballing; risk; integrity; *Bow Tie*.

1 Contextualização

Cada vez mais a gestão dos riscos a integridade dos ativos de produção, se faz presente nas organizações que buscam geração de valor e contínuo alcance dos seus objetivos. Leoni (2021) ressalta que a segurança e a integridade em todo ciclo de vida dos ativos, tornaram-se elementos estratégicos para as organizações.

A integridade de um equipamento consiste na conservação das características funcionais, estruturais e da conformidade com os parâmetros de projeto. Vaughen (2020) corrobora destacando que a integridade visa a manutenção das especificações e a função do equipamento durante seu ciclo de vida.

Segundo a NBR ISO 55000 (2014), na gestão de ativos, é crucial que o risco à integridade seja controlado em todo ciclo de vida. Assim, a integridade de um ativo deve ser preservada estando este em regime operacional ou fora de operação.

Segundo Vaughen (2020), durante o ciclo de vida de um ativo, é possível, por razões operacionais, mercadológicas ou tecnológicas, que ele seja colocado em regime de hibernação. Volkman (2013), esclarece que a hibernação é a desativação temporária do ativo por longo período, acompanhada por intervenções regulares contra os riscos à integridade para uma futura reativação, sem falhas ou acidentes.

No caso do sistema de pull in/out desse estudo, a razão para sua hibernação se deve a questões operacionais, pois é utilizado a cada longo intervalo, ou seja, quando há entrada ou intervenção nos poços de petróleo. Além disso, segundo Volkman (2013), o custo de hibernação de um equipamento, embora considerável, é menor do que mantê-lo em operação, compensando uma reativação futura.

Contudo, os riscos na hibernação, não são necessariamente menores que os verificados em operação, pois estes tendem a ter maior frequência e menor impacto, enquanto aqueles, menor frequência e maior impacto (Vaughen, 2020).

Assim, o risco à integridade de um ativo, pode levar a grandes perdas e acidentes. A NBR ISO 31000 (2018), resume o risco como o efeito da incerteza sobre o alcance dos objetivos de uma organização, devendo ser identificado, analisado e tratado, a fim de se obter sucesso no negócio, preservação do capital humano, do ambiente e patrimônio da organização. Vaughen (2020) descreve o risco como a correlação entre a ocorrência de um evento e a magnitude do seu dano, simplificando na Eq. (1) a seguir:

$$\text{Risco} = \text{ocorrência} \times \text{consequência} \quad (1)$$

Fogliatto e Ribeiro (2009) associam o risco à falha de um equipamento, devendo-se dar tratamento adequado para preservação da integridade e segurança. Hansler (2021) complementa que durante o período de hibernação de um equipamento, o potencial de falha tende a aumentar a taxa de falha, que geralmente se manifesta de forma mais expressiva, no processo de reativação.

No caso do sistema de pull in/out desse estudo, durante sua reativação constatou-se vários problemas como baixa performance, degradação de componentes, vazamentos, entre outros. Isto levou ao aumento dos riscos, inúmeras manutenções corretivas, impactos em prazo, custos e restrições operacionais.

Volkman (2013) recomenda planejar e gerir medidas contra os riscos na hibernação, para garantir a integridade e segurança. Nesse sentido, a hibernação deve suportada por um método que possa manter atualizada as ameaças e as consequências dos riscos, buscando contê-los através de barreiras.

Zheng (2016), destaca dentre as metodologias para gestão de riscos por barreiras, a *Bow Tie*, por propiciar a visualização de todo o cenário de risco através de um diagrama, refletindo em melhor controle das barreiras e comunicação entre partes envolvidas. Assim, será apresentada neste estudo, uma solução para gestão de riscos de degradação na hibernação, estruturada a partir da metodologia *Bow Tie*, visando maior integridade com reflexos em prontidão e segurança do equipamento.

2 Metodologia

Este estudo adotou uma abordagem qualitativa baseada em dados extraídos do contexto do problema através de observações, vivência profissional, documentos e da busca de artigos com as palavras-chave nas bases Web of Science; Scopus e Compendex. Dias (2009), ressalta que a pesquisa qualitativa envolve dados como documentos e observações para a compreensão e explicação dos fenômenos.

O método adotado para alcance do objetivo, baseou-se no DSR (Design Science Research) para o desenvolvimento de um artefato, a partir de referências visando a solução de um problema real. Para operacionalização das etapas buscou-se a metodologia flexível denominada Soft DSR (Soft Design Science Research), proposta por Baskerville et. al. (2009). Os passos aplicados estão resumidos a seguir:

- 1) Contextualização: Abordou-se o contexto dos riscos à integridade, à luz da literatura, visando esclarecer conceitos chave para o trabalho;
- 2) Especificação do Problema: Abordou-se o problema de forma detalhada a partir de observações, ocorrências e registros acerca do equipamento;

- 3) Generalização do Problema: Buscou-se transformar o problema específico em problema geral, a partir das bases referenciadas;
- 4) Requisitos Gerais: Buscou-se na revisão da literatura, os requisitos para uma solução do problema a partir de técnicas de avaliação de riscos e tratamento como APR, AFF, Bow Tie;
- 5) Solução Geral: Estruturação e consolidação de uma solução para melhoria da gestão de riscos, com base na metodologia Bow Tie e elaboração de um plano de ação para as áreas responsáveis.

3 Resultados e discussões

Nos subtópicos a seguir, serão apresentados o detalhamento do problema, generalização, requisitos e a solução, baseados na revisão da literatura e na vivência profissional do autor.

3.1 Especificação do problema

O sistema de *pull in/out* é composto basicamente por um sistema principal, dotado de um guincho de grande porte, e um sistema auxiliar composto por guinchos de médio e pequeno porte, suportados por uma HPU (*Hydraulic Power Unit*). A Figura 1 fornece uma visão simplificada desse sistema.

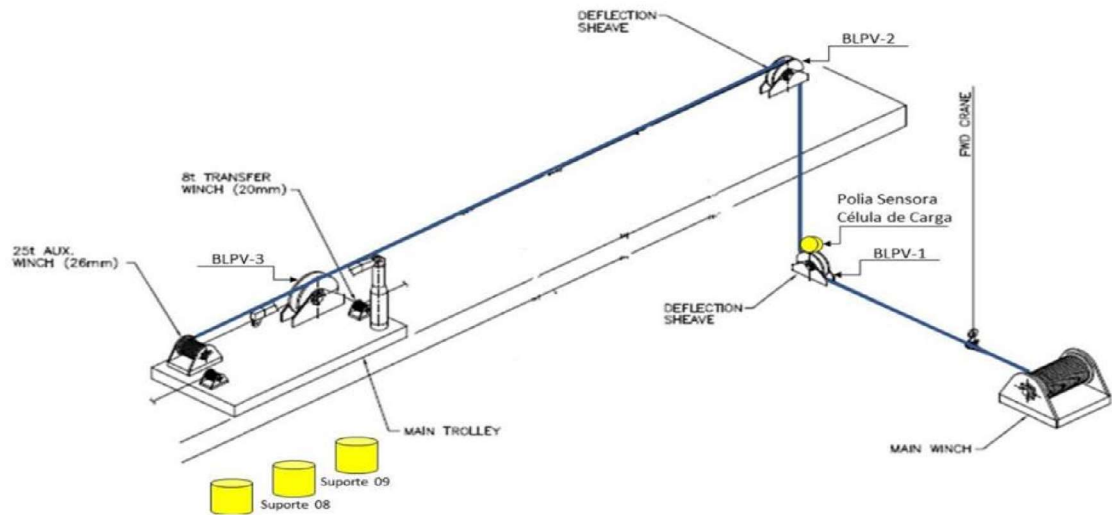


Figura 1. Esquema simplificado do sistema de pull in/out. Fonte: Adaptado de Petrobras (2022).

Este sistema é crucial em operações de conexão/desconexão de dutos submarinos interligados a poços de petróleo. Miura (2004), ressalta que os aumentos de produção óleo são decorrentes da entrada ou restauração de um poço.

Entretanto, a gestão de riscos durante a hibernação desse sistema, mesmo com emprego de procedimentos e técnicas de preservação, inspeções e manutenções, mostrou-se inadequada para preservação da integridade. Para detalhar o problema, foram observadas, a cerca de um ano, as condições de integridade do equipamento após hibernação, o que revelou lacunas na gestão de riscos conforme mostrado na figura 2 a seguir. Este detalhamento se alinha com o pensamento de Volkman (2013) sobre levantar pendências de falhas no equipamento, antes da reativação.

Lacunas Observadas	Barreira prevista	Possíveis Consequência	Mitigação prevista
Requisitos e memória tec. inadequados	Inexistente	Dano humano, ambiental e patrimonial	EPI; Sist. emergência; Isolamento área.
Preservação inadequada da integridade	Inspeção (inadequada)	Perda da condição operacional	Inexistente
	Manutenção (inadequada)	Lucro cessante	
Falta de controle da degradação de barreiras	Inexistente	Dano humano, ambiental e patrimonial	EPI; Sist. emergência; Isolamento área.
Risco da falta suprimento	Compra reativa		Canibalismo

Figura 2: Panorama da gestão de risco atual e as lacunas observadas.

3.2 Generalização do problema

A falta de dados adequadas sobre o equipamento, pode incorrer em riscos e falhas. As informações devem incluir modificações ocorridas durante a hibernação e comparadas em campo em relação a registros e desenhos. Behari (2018), ressalta que informações desatualizadas ou desalinhadas com a política de segurança organizacional, pode levar a uma análise falha e perda de controle dos riscos.

Hansler (2020) acrescenta o fator dos riscos associados, tais como desligamento de profissionais detentores de conhecimentos específicos, podendo levar a falha na identificação dos riscos e consequentemente a degradação.

Outra problemática refere-se à inspeção e manutenção inadequadas. Vaughen (2020) argumenta que falhas inesperadas podem ocorrer pela falta de manutenções alinhadas com as condições do equipamento. Hansler (2020) ressalta que uma inspeção e manutenção adequadas, requer análise das possíveis falhas e condições do equipamento. E que as falhas de planejamento e procedimentos podem levar a acidentes, pois impactam na manutenção das barreiras pela inadequação de tarefas e inspeções.

Volkman (2013), argumenta que as ações na hibernação, não devem ser apenas contra a degradação externa, mas também contra a degradação interna devido à falta de uso, adotando por exemplo a movimentação das partes móveis. E complementa que o tempo de hibernação influencia na definição dos ciclos de manutenção. Assim, é preciso que a manutenção não seja desalinhada com os riscos, não tarde em tratá-los ou exceda com preventivas sujeitas a inserção de falhas ou ciclos de manutenções inadequados às condições do equipamento na hibernação.

Outro problema é a gestão inadequada das barreiras. Deve-se ter em mente que o desalinhamento das barreiras com o potencial de risco no regime de hibernação, pode levar a consequências de grande monta. Behari (2018), ressalta que é importante a compreensão dos riscos em equipamentos hibernados cuja falha pode comprometer a segurança, integridade e levar a um acidente.

Hansler (2020) chama atenção para os riscos advindos da falta de conscientização e de conhecimento necessário para evitar que ocorram. Granttan (2018), nos lembra que para a hibernação manter a integridade do equipamento, é preciso atender alguns requisitos, como profissionais treinados ocupando funções definidas, a fim de analisar riscos, criar barreiras e mantê-las.

Outra questão possível na hibernação, é o risco da falta de fornecimento de peças. Algumas razões para isso, podem ser a obsolescência ou encerramento de atividades do fornecedor. Segundo Farah et al (2012) a obsolescência de um sistema iniciasse quando, na ocorrência de falhas, se tem uma manutenção dispendiosa em função da dificuldade de se encontrar peças no mercado. Volkman (2013) reconhece a possibilidade da falta de fornecimento para manutenção na hibernação e recomenda uma maior preservação dos itens críticos.

Diante das problemáticas referenciadas acima e dos problemas coletados em campo, verificou-se um alinhamento entre eles e a necessidade de uma solução para melhoria da gestão de riscos à integridade de equipamentos em hibernação. Volkman (2013), recomenda que a hibernação do equipamento deve ser acompanhada por uma metodologia robusta que possa manter atualizada as ameaças e as consequências dos riscos à integridade e segurança, buscando contê-los através de barreiras físicas e/ou administrativas.

Barros (2019), complementa que as análises de risco diante de condições impermanentes (como a degradação), requer uma abordagem dinâmica capaz de atualizar as condições. E destaca os três métodos geralmente aplicados na indústria, que são: o método baseado nas técnicas de avaliação de risco; o método baseado na investigação de acidentes; e o método baseado na filosofia de barreiras de segurança.

Dentre as metodologias por barreiras, a metodologia Bow Tie apresenta vantagens como a facilidade de visualização dos cenários de riscos e das barreiras, para melhor controle e alcance entre os envolvidos. Segundo Mantom (2017), o *Bow Tie* deixa claro o papel de cada responsável pelo controle e conscientização acerca dos cenários de riscos, fornecendo informações quanto a segurança, mitigações, barreiras e salvaguardas, auxiliando na tomada de decisão e prioridades.

3.3 Requisitos gerais

A identificação de perigos e avaliação de riscos deve ser realizada através de técnicas estruturadas, a fim de reduzir o risco de ocorrência do evento indesejado. A ABNT (2021), aponta algumas técnicas de análise e tratamento de riscos, tais como o AAF (Análise de Árvore de Falha), APR (Análise Preliminar de Risco) e a Matriz de Risco, que servirão de apoio neste estudo, conforme mostrado a seguir.

A AAF, é uma ferramenta que parte do problema denominado “evento topo” e segue desdobrando a sequência de eventos que podem ter gerado o evento topo. Os eventos que têm a causa mais básica, ou seja, que estão em níveis mais baixos na árvore, são considerados a causa básica ou causa raiz.

A APR, é uma técnica indutiva, estruturada para identificar perigos e situações acidentais, suas possíveis causas e consequências, para avaliar qualitativamente os riscos e as salvaguardas existentes e propor medidas adicionais.

A Matriz de Risco, fornece uma dimensão dos riscos a partir de uma categorização representada em um plano contendo as regiões toleráveis (baixa severidade e frequência), região moderada - ALARP (risco reduzido tanto quanto praticável) e região intolerável (alta severidade e frequência).

A partir dos requisitos acima, relacionou-se a seguir as análises das principais ocorrências observadas no último ano dentro do contexto do problema em linha com o referencial teórico:

I) Dados inadequados para identificação dos riscos

Conforme Volkman (2013), a identificação eficaz dos riscos é imprescindível para uma boa gestão da integridade de equipamentos. Na hibernação deve-se manter o conhecimento sobre o equipamento, assegurando a disposição de desenhos, manuais, procedimentos, relatórios, certificados, entre outros.

Para exemplificar, resume-se um acidente ocorrido com um guincho após sua reativação, quando ocorreu uma falha levando a perda da linha de produção, do cabo de aço, projeção de peças e incêndio. Constatou-se entre outras, a falha dos motores hidráulicos. A partir dos dados disponíveis à época, desconsiderou-se a necessidade de todos os motores na pretendida operação e não se levou em conta o risco da descida descontrolada do cabo.

As principais causas consideradas na AFF, indicaram falha na identificação de riscos durante a hibernação, por falta de dados adequados. Esse exemplo se alinha com a preocupação de Hansler (2020) acerca de dados inadequados para identificação de riscos, que pode aumentar a tendência da falha e de danos inesperados.

II) Inspeção e manutenção inadequadas

O planejamento das inspeções deve atentar-se para os riscos, sobretudo a inspeção interna cuja degradação não é diretamente visível. Da mesma forma, uma manutenção desalinhada com os riscos, pode tardar em tratá-los ou exceder-se com preventivas e inserir falhas. Além disso, os ciclos de manutenções devem ser planejados e cumpridos de acordo com os riscos e condições do equipamento ao longo da hibernação (HANSLER, 2020; VAUGHEN, 2020; VOLKMAN, 2013).

Para exemplificar descreve-se a ocorrência da falha de um motor de partida no momento da reativação do guincho pull in que inviabilizou a partida do motor diesel do trolley e consequentemente a prontidão operacional do sistema. O motor foi então desmontado pela manutenção que constatou sinais de desgastes dos componentes internos. As principais causas da falha, apontam para falta de inspeção interna, bem como a falta de recomendação de manutenção preventiva.

Para Vaughen (2020), a falha inesperada pode vir se a inspeção e manutenção não for executada ou manter-se desatualizada sobre as condições do equipamento. Tal como no exemplo acima em que as inspeções e manutenções do equipamento foram limitadas a documentação técnica do fabricante.

Entretanto, a falha poderia ser evitada se fosse verificado e tratado previamente o risco de degradação, com medidas afins à condição atual do equipamento, como recomendações adicionais à do fabricante.

III) Controle inadequado da degradação de barreiras

Andrade (2022) entende que o risco deve ser controlado considerando-se a situação atual das barreiras, seu grau de confiabilidade e o risco de ocorrência de eventos indesejáveis, para a partir dessas verificações tratar o cenário atual de riscos. Atualmente a gestão das barreiras do guincho pull in/out, não deixa clara a correlação entre riscos, barreiras e consequências, o que dificulta o controle.

Traz-se o exemplo da falha dos pinos hidráulicos do guincho pull in/out, no qual constatou-se a deformação da bucha e água no interior do pino, devido a ausência da coifa, gerando calço hidráulico e emperreamento. As principais causas na falha, foi o controle inadequado dos fatores externos (infiltração) e das barreiras físicas (coifa e anel vedação), o que levou a manutenção dispendiosa e lucro cessante. Hansler (2020), recomenda estabelecer um controle proativo e visão ampliada dos fatores subjacentes que podem degradar as barreiras até o evento indesejável.

IV) Risco da falta de suprimento

Volkman (2013) ressalta o risco da falta de suprimento para equipamentos sujeitos a hibernação. Farah (2012) destaca conforme figura 3 a seguir, o risco de avanço do grau de obsolescência das peças.

Grau de Obsolescência	Equipamento comercializado?	Sobressalentes comercializados?	Assistência disponível?
1 - Atual	Sim	Sim	Sim
2 - Sob revisão	Sim	Sim	Sim
3 - Sob pedido	Sim	Restrita	Sim
4 - Descontinuidade	Não	Restrita	Sim
5 - Suporte restrito	Não	Não	Sim
6 - Obsoleto	Não	Não	Não

Figura 3: Grau de obsolescência de componentes. Fonte: Adaptado de Farah (2012).

O guincho pull in/out desse estudo possui cerca de 20 anos. Após seu último período de hibernação de cerca de 5 anos, verificou-se que algumas peças sofreram atualizações pelo mercado, embora ainda se verifique certa compatibilidade com o equipamento. Entretanto, em relação a outros componentes, verificou-se, após o último período de hibernação, a falta de fornecimento de alguns sobressalentes, tendo sido encontrado no mercado somente o fornecimento do conjunto completo e a longo prazo.

Este exemplo foi observado a partir dos desdobramentos de um teste com os freios do sistema, que acusaram baixa performance. Assim, buscou-se analisar a causa dessa redução de frenagem, concluindo-se que era devido a degradação de alguns sobressalentes. Entretanto, tais sobressalentes eram de um fabricante único que havia passado por mudanças mercadológicas, de modo que não era mais viável a venda dos sobressalentes, mas somente o fornecimento do conjunto completo (freio e redutoras), além de um longo prazo de entrega.

3.4 Solução

Propõe-se a seguir uma solução com base na metodologia *Bow Tie*. Mantom (2017), destaca que o primeiro passo para o diagrama *Bow Tie*, é identificar o evento topo, o perigo, as consequências e as causas. Posteriormente se propõe as barreiras e identifica-se os possíveis fatores de degradação.

Assim, inicialmente identificou-se a partir da AAF mostrada na figura 4 a seguir, o evento topo e as causas básicas das principais falhas de integridade do guincho pull in/out.

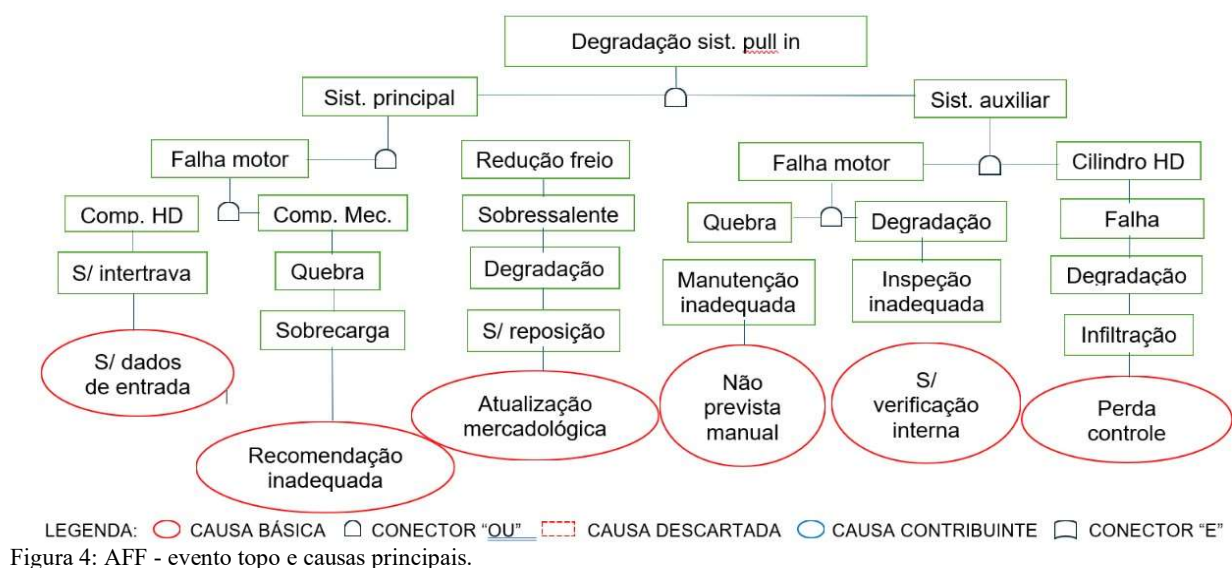


Figura 4: AAF - evento topo e causas principais.

Posteriormente, conforme mostrado na figura 5, elaborou-se uma APR e uma categorização dos riscos segundo a técnica da Matriz de riscos, considerando os principais grupos de falhas verificados.

APR	Problema I	Acidente devido a falha do motor HD pela falta de especificação de requisitos											Observações
Perigo	Causas	Consequencias	Salvaguardas	Freq	Pessoal		Instal		M. A.		Imagem		Recomendação
					S	R	S	R	S	R	S	R	
Falha do motor hidráulico	Requisitos inadequados	Danos a pessoas, meio ambiente, equipamento e instituição	Sensorial; Monitoramento; Botão de emergência; Alarme geral; Equipe resposta	(D)	III	M	IV	NT	III	M	III	M	Estruturar barreiras preventivas e de mitigação, a partir da metodologia Bow Tie, para melhorias na gestão de riscos e segurança do sistema do guincho pull in/out como um todo.
APR	Problema II	Falha do motor partida devido a inspeção/manutenção inadequadas											
Perigo	Causas	Consequencias	Salvaguardas	Freq	Pessoal		Instal		M. A.		Imagem		
					S	R	S	R	S	R	S	R	
Falha do motor de partida	Inspeção/manutenção inadequada	Perda da condição operacional e lucro cessante	Sensorial e Monitoramento	(E)	I	M	III	NT	I	M	I	M	
APR	Problema III	Falha do pino trava HD, devido a falta de controle da degradação de barreiras											
Perigo	Causas	Consequencias	Salvaguardas	Freq	Pessoal		Instal		M. A.		Imagem		
					S	R	S	R	S	R	S	R	
Falha das barreiras	Controle inadequado barreiras	Perda da condição operacional e lucro cessante	Sensorial e Monitoramento	(D)	I	T	IV	NT	I	T	II	M	
APR	Problema IV	Falha do sistema de freio, devido a falta de fornecimento de sobressalentes											
Perigo	Causas	Consequencias	Salvaguardas	Freq	Pessoal		Instal		M. A.		Imagem		
					S	R	S	R	S	R	S	R	
Falta de peças	Suprimento inadequado	Danos a pessoas, meio ambiente, equipamento e instituição	Sensorial; Monitoramento; Apoio de terceiros	(D)	III	M	IV	NT	III	M	III	M	
Legenda													
Categorias de Frequência		A - Extremamente Remota		B - Remota		C- Pouco Provável			D - Possível			E - Frequente	
Categorias de Severidade		I - Desprezível		II - Marginal		III - Média			IV - Crítica			V - Catastrófica	
Categoria de Risco		T - Tolerável		M - Médio		NT - Não tolerável							

Figura 5: APR e matriz de risco.

Considerando os resultados acima, a partir da literatura, técnicas de análise e experiência do autor, tornou-se possível elaborar o diagrama Bow Tie, seguindo os passos organizados por Manton (2017) e Andrade (2022) conforme a seguir:

- 1) Identificação do perigo e do evento topo: No centro do diagrama o perigo de determinada atividade. O evento topo em caso de falha das barreiras.
- 2) Identificação das consequências: Usa-se a APR ou Brainstorming. As consequências são devidas ao evento topo e fica no lado direito do diagrama.
- 3) Identificação das causas: Para tal usa-se a APR ou Brainstorming. Ficam no lado esquerdo do diagrama e podem levar ao evento topo, na falha das barreiras.
- 4) Barreiras de prevenção: No lado esquerdo do diagrama, as barreiras posicionam-se logo após as causas, para impedir o evento topo.
- 5) Barreiras de mitigação: Ficam entre o evento topo e as consequências no lado direito do diagrama e servem para recuperar ou reduzir o impacto.
- 6) Fatores de degradação das barreiras: Podem estar presentes tanto no lado esquerdo como o direito, e senão bloqueados, minam a capacidade das.
- 7) Definição dos responsáveis pelas barreiras e fatores de degradação: Atribuído aos envolvidos com a gestão dos riscos e gestão de processos.
- 8) Revisão do diagrama: Deve-se observar principalmente o seguinte: Nome das barreiras deve estar conciso e objetivo; Validação da barreira segundo critério de bloqueio, eficácia e auditável; Quantidade de barreiras proporcional a gravidade das consequências.

A Figura 6 apresenta o diagrama *Bow Tie* construído. Procurou-se contemplar todos os cenários de riscos verificados em campo, e criar barreiras eficientes para contenção e mitigação dos riscos. Para cada barreira foi atribuída uma atividade e área responsável pelo controle.

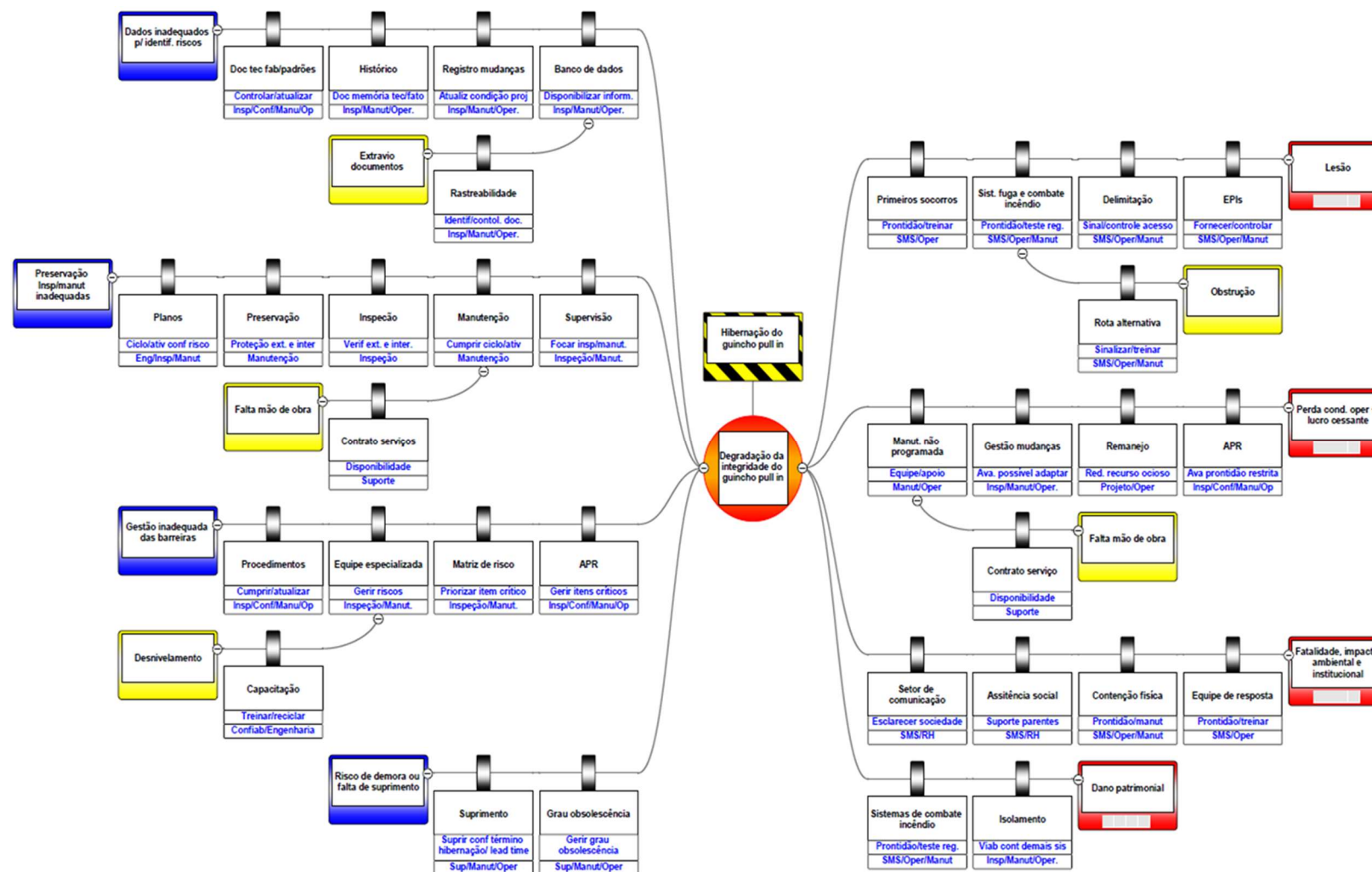


Figura 6: Diagrama *Bow Tie* – solução.

Conforme Andrade (2022) e Manton (2017), após diagrama, é necessário um plano de ação para implantação das barreiras pelas áreas envolvidas na gestão de riscos, conforme figura 7 a seguir:

PLANO DE AÇÃO					
BARREIRAS DE PREVENÇÃO			BARREIRAS DE MITIGAÇÃO		
Ameaça - Dados inadequados para identificação riscos	Responsável	Prazo	Consequência - Lesão	Responsável	Prazo
Barreira 1 (Doc. Técnica): Controlar doc. técnica, atualizando e alimentando um banco de dados	Inspeção/ Confiabilidade /Manutenção/ Oepração	A s n a t e s i v d a ç ã o	Barreira 16 (Primeiros socorros): Assegurar treinamento e prontidão da equipe de primeiros socorros.	SMS/ Oepração	OK
Barreira 2 (Histórico): Manter registros do histórico de intervenções do equipamento, incluindo a memória técnica dos profissionais que detenham conhecimentos específicos acerca do equipamento	Inspeção/ Manutenção/ Oepração		Barreira 17 (Sist. fuga combate incêndio): Assegurar testes regularmente e prontidão do sistema de combate.	SMS/ Oepração/ Manutenção	
Barreira 3 (Registro mudanças): Integrar os registros de mudanças de projeto do equipamento, junto ao sistema de planejamento de inspeção e manutenção e manter disponível em um banco de dados.	Inspeção/ Manutenção/ Oepração		Barreira 18 (Delimitação) : Assegurar que a área entorno do equipamento, esteja devidamente delimitada, sinalizada e com acesso controlado.	SMS/ Oepração/ Manutenção	
Barreira 4 (Banco de dados): Estabelecer um banco de dados central para todas informações que envolve o equipamento como doc. técnica, certificados, manuais, mudanças, memória técnica.	Inspeção/ Manutenção/ Oepração		Barreira 19 (EPIs): Fornecer e controlar Equipamentos de Proteção Individual para equipes de manutenção e operação.	SMS/ Oepração/ Manutenção	
Ameaça - Inspeção/manutenção inadequadas	Responsável	Prazo	Consequência-Perda prontidão e lucro cessante	Responsável	Prazo
Barreira 5 (Planos): Dimensionar os períodos de manutenção de acordo com o período em que o equipamento irá permanecer hibernado e com a situação atual verificada nas barreiras.	Engenharia/ Inspeção/ Manutenção	A s n a t e s i v d a ç ã o	Barreira 20 (Manutenção não programada): Manter equipe de manutenção corretiva para falhas inesperadas, a fim de reduzir o tempo da recuperação.	Manutenção/ Oepração	OK
Barreira 6 (Preservação): Incluir no procedimento de preparação para hibernação, as medidas de preservação das partes internas, como lubrificação, tamponamento.	Manutenção		Barreira 21 (Gestão de mudanças): Empregar a gestão de mudança possível, como adaptações, visando a prontidão.	Inspeção/ Oepração/ Manutenção	
Barreira 7 (Inspeção): Adequar o plano de inspeção prevendo verificar os componentes críticos, ainda que não contemplados nos manuais do fabricante.	Inspeção		Barreira 22 (Remanejamento): Remanejar recursos de apoio operacional para outras frentes, visando minimizar a ociosidade.	Projeto/ Oepração	
Barreira 8 (Manutenção): Assegurar o cumprimento das manutenções em seus devidos ciclos.	Manutenção		Barreira 23 (APR): Empregar a APR para recuperação da condição operacional parcial.	Inspeção/ Confiabilidade /Manutenção/ Oepração	
Barreira 9 (Supervisão): Focar na supervisão das atividades de inspeção e manutenção do equipamento	Inspeção/ Manutenção				
Ameaça - Gestão inadequada de barreiras	Responsável	Prazo	Consequência-Lesão, dano ambiental, institucional	Responsável	Prazo
Barreira 10 (Procedimentos): Assegurar o cumprimento dos procedimentos atualizados.	Inspeção/ Confiabilidade /Manutenção/ Oepração	A n t e s i v d e s a t i v a ç ã o	Barreira 24 (Setor de Comunicação): Manter uma estrutura de comunicação de situações junto à sociedade, a fim de minimizar o impacto institucional.	SMS/ RH	Ok
Barreira 11 (Equipe Especializada): Estabelecer e manter uma equipe especializada para gestão de riscos.	Inspeção/ Manutenção		Barreira 25 (Assistência social): Manter uma estrutura para assistência para casos de lesão a pessoas, além de apoio aos parentes das vítimas.	SMS/ RH	
Barreira 12 (Matriz de risco): Estabelecer e manter atualizada uma matriz de riscos para itens críticos.	Inspeção/ Manutenção		Barreira 26 (Contenção física): Assegurar e manter os kits de contenção para vazamentos de produto.	SMS/ Oepração/ Manutenção	
Barreira 13 (APR): Aplicar a cada inspeção uma APR a partir da matriz de riscos para itens críticos	Inspeção/ Confiabilidade Manutenção/ Oepração		Barreira 27 (Equipe de resposta): Assegurar treinamento e prontidão da equipe de resposta.	SMS/ Oepração	
Ameaça - Risco de demora ou falta de suprimento	Responsável		Consequência - Dano patrimonial	Responsável	Prazo
Barreira 14 (Suprimento): Startar o processo de compra, conforme criticidade do componente e lead time do fornecedor, considerando a previsão da reativação do equipamento.	Suprimento/ Manutenção/ Oepração	i v a ç ã o	Barreira 28 (Sist. combate incêndio): Assegurar prontidão e testes regulares do sistema.	SMS/ Oepração/ Manutenção	Ok
Barreira 15 (Grau de obsolescência): Mapear o grau de obsolescência dos componentes, baseado no histórico e a dificuldade das últimas aquisições.	Suprimento/ Manutenção/ Oepração		Barreira 29 (Isolamento): Manter meios de isolamento e comunicação das áreas atingidas, a fim de impedir o acesso de pessoas não autorizadas.	Inspeção/ Oepração/ Manutenção	

Figura 7: Plano de ação.

4 Conclusões

A metodologia *Bow Tie* como base para uma solução de gestão de riscos à integridade durante a hibernação desenvolvida acima, trouxe melhorias, pois possibilitou melhor visualização e controle dos cenários de riscos e barreiras. Além de acompanhamento da condição do equipamento e tomada de decisão quanto a sua condição operacional e avaliação da necessidade de revisão de barreiras. Estas melhorias refletiram em segurança e redução de intervenções corretivas.

Destaca-se ainda, a contribuição para o entendimento de que a gestão de riscos à integridade faz-se necessária em todo ciclo de vida do ativo, incluindo a hibernação, que conforme se verificou é passível de riscos que podem levar a consequências de grande monta para a organização, o trabalhador e meio ambiente.

Além do ativo em questão, este estudo pode ser aplicado em outros setores e atividades em que a hibernação de ativos se faz necessária, como no descomissionamento, sazonalidade no agronegócio, instalações alternativas de geração de energia, instalações para projetos (ex: setor aeroespacial), entre outras.

Somado a isso, este estudo possui relativo ineditismo para o tema, que pode contribuir com o meio acadêmico tendo em vista a pouca representatividade de estudos voltados para o tema e a falta de tratativas da integridade durante a hibernação, a partir de um método abrangente e sistêmico, baseado na metodologia *Bow Tie*.

O limite deste estudo é de cunho temporal, pois algumas barreiras somente poderão ser implementadas após as operações em curso com o sistema de guincho pull in/out, ou seja, no momento da sua hibernação. Entretanto, foi possível verificar a eficácia do método para melhoria da gestão de riscos, bem como a de algumas barreiras como as de mitigação e recuperação, apresentadas neste estudo.

Para trabalhos futuros, sugere-se o aprofundamento do tema visando mensurar a confiabilidade do equipamento durante a hibernação, bem como na criação de indicadores que possam contribuir para o controle de barreiras e a integridade.

Por fim, ressalta-se a importância do conhecimento adquirido no decorrer deste estudo, tanto dos artigos dos autores referenciados, quanto das observações verificadas em campo. Um percurso decisivo para busca de melhorias na gestão de risco, em especial para ativos hibernados cujo estado da arte não demonstra grande representatividade. Assim, espera-se ter contribuído a partir deste estudo e ampliado os caminhos para busca da melhoria na gestão de riscos durante a hibernação.

Referências bibliográficas

Andrade, RRD (2022) ‘Using Bow Tie as a tool for assessing the operational continuity of mature assets’, *Brazilian Journal of Development*. v.8, n. 6, p. 42494-42516.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2018) ‘NBR ISO 31000 - Gestão de Riscos’.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2014) ‘NBR ISO 55000 - Gestão de Ativos’.

Barros, CF, Rodrigues, V, Colombo, D, Cardoso, R e Tammela, I (2019). Análise de riscos para reduzir a ocorrência de *blowouts* na perfuração de poços de petróleo: Integrando o CBM ao método *Bow Tie*. ABRISCO.

Behari, N (2018) ‘Growing role of human-machine interaction in risk management: A risk management evaluation for safety-critical equipment (SCE), including use of a risk matrix, is fundamental to controlling operating hazards, but even proven industry hazard determination templates won't work with outdated data’ *Control Engineering*, v 65, n. 11, p. 1.

Baskerville, R, Pires-Heje, J and Venable, J (2009) ‘Soft Design Science Methodology, 4th International Conf. on Design Science Research in information Systems and Technology, n. 9, p. 1-11.

Dias, DDS, Silva, MF (2009) ‘Como Escrever Uma Monografia’, Coppead-UFRJ, v. 384, s n., p.1-74.

Fogliatto, FS and Ribeiro, JLD (2009) *Confiabilidade e manutenção industrial*: Elsevier.

Grattan, DJ (2018) ‘Improving barrier effectiveness using human factors method’, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, v 55, p. 400-410.

Hansler, RJ, Bellamy, LJ and Akkermans, HA (2022) ‘Ageing assets at major hazard chemical sites – The Dutch Experience’, *Safety Science*, v 153. 105788.

Leoni, L, Carlo, F, Paltrinieri, N, Sgarbossa, F and Toroody, AB (2021) ‘On risk-based maintenance: A comprehensive review of three approaches to track the impact of consequence modelling for predicting maintenance actions’, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. v 72, 104555.

Mantom, M, Johnson, M, Pitblado, R, Cowley, C and Krishna, K (2017) ‘Standardisation of Bow Tie Methodology and Terminology via a CCPS/EI Book’, *Hazards*, v 27, n 162.

Vaughen, BK (2020) ‘Understanding and managing the risk during transient operations’, *Process Safety*, v. 39, e12146.

Volkman, G and Dunn, SC (2013) ‘Guidance on the Stand Down, Mothball, and Reactivation of Ground Test Facilities’, American Institute of Aeronautics and Astronautics.

Zheng, EZH e Carvalho, MM (2016) ‘Armadilhas no gerenciamento de riscos de cima para baixo: uma pesquisa ação em uma empresa de engenharia’, *Produção Online*, v. 16, p. 822-843.