



LIMPEZA DE TANQUES E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS: UM PROBLEMA REAL DA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO PARA PROJETO DE EXTENSÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6279

Autores: NICOLAS DELGADO VALSANI, RICARDO BENEVIDES CASTRO DE SOUZA, ENRICO LUIZ BASSO, GIORDANO BRUNO SILVESTRINI, PRISCILLA CIBELLE OLIVEIRA DE SOUZA FIRMINO

Resumo: Operações envolvendo plataformas de petróleo apresentam desafios técnicos e ambientais que exigem alto nível de controle de riscos e gestão operacional. Nesse contexto, o presente estudo, desenvolvido como parte de um projeto de extensão acadêmica do curso de Engenharia Química da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, analisa um caso real de obstrução em tanques de fluido de perfuração. A partir da identificação do acúmulo de sólidos e da contaminação do fluido, foram propostas medidas técnicas e administrativas para mitigação de riscos, através de metodologias como Análise Preliminar de riscos, HAZOP, Checklist e What If, além de cálculos logísticos e ambientais relacionados ao transporte e à destinação de resíduos. Essa experiência proporcionou aos estudantes a aplicação do conhecimento teórico adquirido ao longo do curso em uma situação industrial real, promovendo uma formação em engenharia mais crítica e tecnicamente fundamentada.

Palavras-chave: Plataformas offshore, Análise de risco, extensão universitária

LIMPEZA DE TANQUES E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS: UM PROBLEMA REAL DA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO PARA PROJETO DE EXTENSÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

1 INTRODUÇÃO

As plantas industriais de petróleo, especialmente aquelas localizadas em ambientes *offshore*, são estruturas complexas e altamente integradas que operam em condições extremas de pressão, temperatura e risco. Essas instalações exigem não apenas tecnologias avançadas para extração e processamento de petróleo, mas também protocolos rigorosos de segurança, meio ambiente e saúde ocupacional. Em função da criticidade de suas operações, é essencial que as práticas de engenharia desenvolvidas para essas plantas estejam alinhadas com metodologias atualizadas de análise de risco e gestão de resíduos. Nesse contexto, o presente trabalho foi desenvolvido como parte fundamental de um projeto de extensão universitária do curso de Engenharia Química da Pontifícia Universidade Católica de Campinas realizado na disciplina de Gestão de Risco e Segurança de Processos, com o objetivo de aproximar os alunos da realidade industrial e promover o desenvolvimento de soluções técnicas voltadas à prevenção de acidentes, à sustentabilidade e à inovação operacional. A partir dessa iniciativa de extensão, foi analisado um caso real ocorrido em uma plataforma de perfuração *offshore*, conectando o conhecimento acadêmico aos desafios enfrentados na indústria petrolífera.

Mediante ao contexto apresentado, o cenário proposto tratava-se de que na perfuração do poço 7-PUC-24-SP. Foi identificada uma obstrução nas linhas de sucção das bombas de lama da plataforma, causada pelo acúmulo de material sólido no fundo do tanque ativo. A inspeção subsequente revelou a contaminação do fluido de perfuração, provocando separação de fases, perda das propriedades reológicas e deposição de barita e compostos químicos, o que levou à suspensão das operações e à necessidade de limpeza completa do sistema.

A limpeza de tanques e o gerenciamento de resíduos em ambientes *offshore* são atividades críticas que requerem planejamento rigoroso e a implementação de controles operacionais, ambientais e de segurança. Essas atividades têm como objetivo principal mitigar os riscos à saúde dos trabalhadores, garantir a continuidade operacional e assegurar a conformidade com normas ambientais vigentes (FIGUEIREDO et al., 2007; CURBELO et al., 2017).

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo analisar os riscos associados à limpeza de tanques contaminados e ao gerenciamento dos resíduos resultantes, propondo medidas técnicas e administrativas que assegurem operações mais seguras e sustentáveis. São abordadas metodologias como Análise Preliminar de Riscos (APR), *HAZOP*, *Checklist* e *What If*, que constituem ferramentas fundamentais para a identificação de perigos, a antecipação de falhas e a mitigação de impactos operacionais e ambientais (SMITH; BROWN, 2019).

Além disso, o estudo contempla a avaliação de conformidade com marcos regulatórios nacionais e internacionais, como as normativas da Agência Nacional de Petróleo (ANP), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais renováveis

(IBAMA) e a Convenção Internacional MARPOL, que regulam o descarte e o transporte de resíduos gerados por atividades marítimas (INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA, 2024).

2 PROBLEMÁTICA ENVOLVIDA

A operação *offshore* analisada evidenciou uma série de desafios críticos relacionados à obstrução das linhas de sucção, contaminação do fluido de perfuração e deposição excessiva de sólidos, o que comprometeu a continuidade das atividades de perfuração e exigiu ações emergenciais de mitigação.

2.1 Acúmulo de material sólido no fundo do tanque ativo

O acúmulo de resíduos, especialmente barita, obstrui o fluxo do fluido de perfuração, reduz a eficiência das bombas e acelera processos de corrosão. Além disso, a deposição sólida causa perda de volume útil do tanque e impõe riscos à integridade dos equipamentos (CURBELO et al., 2017).

2.2 Separação de fases e contaminação do fluido de perfuração

A contaminação do fluido compromete suas propriedades reológicas, como viscosidade e densidade, dificultando a suspensão de sólidos e a estabilidade da perfuração. Essa condição decorre da presença de compostos químicos não compatíveis com o sistema base óleo (HUPSEL et al., 2020).

2.3 Deposição de barita e outros aditivos

Utilizada para controle de densidade, a barita pode formar camadas densas no fundo do tanque, dificultando sua remoção e provocando irregularidades no fluxo. O acúmulo também aumenta a frequência das paradas para limpeza, comprometendo a produtividade (CURBELO et al., 2017).

2.4 Suspensão das operações de perfuração

A obstrução e contaminação levam à suspensão da perfuração, gerando custos adicionais, exposição a riscos operacionais e atrasos no cronograma. Essas interrupções impactam diretamente a viabilidade do projeto (FIGUEIREDO et al., 2018).

2.5 Gerenciamento inadequado de resíduos e impacto ambiental

A ausência de protocolos rígidos de descarte pode resultar em infrações ambientais e comprometer a saúde dos trabalhadores. O não cumprimento das diretrizes da ANP, IBAMA e MARPOL pode acarretar sanções severas e danos ao meio ambiente marinho (BRASIL, 2024).

2.6 Ergonomia e manuseio de produtos químicos

As operações de limpeza impõem esforço físico intenso, exposição prolongada a agentes químicos e riscos ergonômicos, elevando a incidência de lesões ocupacionais e doenças relacionadas ao trabalho (FIGUEIREDO et al., 2018).

2.7 Lançamento de cargas e linha de fogo

O transporte de resíduos e equipamentos, frequentemente por içamento, expõe os trabalhadores a riscos mecânicos e colisões, exigindo planejamento e controles rigorosos de movimentação de cargas (SMITH; BROWN, 2019).

2.8 Espaços confinados e permissões de trabalho

A limpeza em tanques configura um trabalho em espaço confinado, o que requer permissões específicas e medidas de segurança rigorosas, como ventilação, monitoramento atmosférico e protocolos de resgate (HUPSEL et al., 2020).

3 TAREFAS A SEREM EXECUTADAS E PLANO DE AÇÃO

Com base na identificação das problemáticas e nos riscos operacionais envolvidos, foi elaborado um plano de ação técnico e gerencial com foco em minimizar os impactos à segurança dos trabalhadores, à integridade do processo e ao meio ambiente.

3.1 Identificação do problema e comunicação rápida

A identificação precoce do acúmulo de sólidos é crucial para evitar danos operacionais. A falha em reconhecer os sinais de contaminação compromete a continuidade da perfuração e aumenta os custos de remediação.

Plano de ação:

- Monitoramento contínuo: Implementar sensores ultrassônicos e de densidade para detectar em tempo real a presença de sólidos suspensos. Esses dispositivos devem ser integrados ao sistema de controle da plataforma, permitindo intervenções imediatas (SMITH; BROWN, 2019).
- Treinamento da equipe: Realizar capacitações periódicas voltadas à inspeção visual e ao reconhecimento de falhas operacionais, assegurando resposta rápida a anomalias (FIGUEIREDO et al., 2007).
- Automatização de alarmes: Programar alarmes automáticos para limites críticos de sólidos, utilizando sensores de pressão diferencial em tanques dinâmicos (CURBELO et al., 2017).

3.2 Análise e remoção do fluido contaminado

A substituição do fluido contaminado deve ser realizada de forma sistemática, evitando novos episódios de separação de fases.

Plano de ação:

- Análise química e física: Estabelecer protocolo de análise de amostras a cada seis horas, monitorando parâmetros como viscosidade, densidade e concentração de sólidos (HUPSEL et al., 2020).
- Critérios de substituição: Determinar faixas críticas de contaminação e substituição automática do fluido quando estes forem ultrapassados.
- Logística de remoção: Planejar a transferência gradual do fluido contaminado para tanques de escoamento e transporte costeiro, em conformidade com as normas da ANP e MARPOL (INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA, 2024).

3.3 Limpeza do tanque e prevenção de novos acúmulos

A manutenção da integridade do tanque exige medidas mecânicas e químicas de prevenção de acúmulo.

Plano de ação:

- Equipamentos adequados: Utilizar bombas de alta vazão com sistema de corte integrado e raspadores mecânicos para áreas de difícil acesso (CURBELO et al., 2017).
- Tratamento químico preventivo: Aplicar dispersantes e surfactantes para manter a suspensão dos sólidos no fluido, evitando a deposição de barita.
- Manutenção programada: Incluir no cronograma paradas para inspeção e limpeza de tanques, além de verificações no sistema de filtragem a cada ciclo de perfuração (FIGUEIREDO et al., 2018).

3.4 Gerenciamento de resíduos e conformidade ambiental

O gerenciamento adequado dos resíduos evita sanções legais e protege os ecossistemas marinhos.

Plano de ação:

- Classificação de resíduos: Implementar um sistema de triagem para separar corretamente os resíduos sólidos, líquidos e contaminantes (HUPSEL et al., 2020).
- Transporte licenciado: Utilizar apenas empresas homologadas para transporte e descarte, assegurando rastreabilidade e conformidade ambiental (INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA, 2024).
- Monitoramento ambiental: Realizar análises da qualidade da água no entorno da plataforma, antes, durante e após a remoção dos resíduos.

3.5 Restabelecimento da operação de perfuração

Antes da retomada das atividades, todos os sistemas devem ser inspecionados e testados.

- Plano de ação: Limpeza completa: Garantir a remoção de resíduos em linhas de sucção, tanques e bombas.
- Verificação de integridade: Realizar inspeções visuais e funcionais em válvulas, tubulações e filtros (SMITH; BROWN, 2019).
- Testes operacionais: Simular a circulação completa do sistema para identificar e eliminar eventuais obstruções.

3.6 Revisão dos procedimentos operacionais

Falhas recorrentes indicam deficiências nos Procedimentos Operacionais Padrão (POPs).

- Plano de ação: Treinamento de segurança: Reforçar capacitações sobre entrada em espaços confinados, uso de Equipamentos de proteção individuais (EPI) e resposta a emergências (FIGUEIREDO et al., 2018).
- Disponibilização de EPIs adequados: Garantir respiradores com filtro químico, roupas antiácido, luvas e botas específicas.
- Sistema de Permissões de Trabalho (PTW): Criar rotinas de autorização para atividades críticas, com verificação de treinamentos e presença de supervisores.

3.7 Riscos pessoais e medidas de proteção

A exposição direta ao fluido contaminado exige adoção de medidas preventivas específicas.

- Plano de ação: Capacitação técnica: Promover treinamentos sobre manuseio correto do fluido e operação dos sistemas de circulação.
- Padronização de processos: Atualizar Procedimentos operacionais (POP) e assegurar sua aplicação em toda a cadeia de manuseio e descarte.
- Auditorias internas: Implementar rotinas de verificação e controle para avaliar a conformidade e promover melhorias contínuas.

3.8 Medidas preventivas adicionais

- Controle de qualidade contínuo: Monitoramento em tempo real dos parâmetros operacionais.
- Treinamentos de emergência: Simulações realistas de incidentes com fluidos contaminados.
- Inspeções pós-limpeza: Garantir ausência de resíduos antes da retomada.
- Manutenção preventiva e preditiva: Baseada em análise de dados e sensores.
- Documentação e rastreabilidade: Registro de todas as ações, inspeções e análises para auditorias futuras.

4 METODOLOGIAS DE ANÁLISE DE RISCO

Para assegurar a segurança operacional, ambiental e ocupacional durante a limpeza de tanques e o gerenciamento de resíduos em ambiente *offshore*, diversas metodologias foram aplicadas. Cada uma permitiu identificar perigos potenciais, avaliar suas causas e propor ações de mitigação, conforme as boas práticas da engenharia de segurança de processos.

4.1 APR

A APR é uma metodologia qualitativa utilizada na fase inicial do planejamento operacional, visando antecipar cenários indesejáveis antes da execução da atividade. Sua aplicação no contexto *offshore* foi essencial para identificar riscos como exposição a substâncias químicas, manipulação de resíduos tóxicos, entrada em espaços confinados e falhas no sistema de drenagem (SMITH; BROWN, 2019).

No caso estudado, a APR permitiu o mapeamento de riscos relacionados ao acúmulo de barita, separação de fases no fluido de perfuração, falhas no gerenciamento de resíduos e atividades críticas como o içamento de cargas e o trabalho em espaços confinados. Com base nesses diagnósticos, foram definidas medidas de controle, como inspeções periódicas, uso de sensores e revisão de permissões de trabalho, alinhadas às exigências normativas (HUPSEL et al., 2020).

4.2 Checklist

A metodologia de *checklist* foi utilizada para garantir que todas as etapas da operação fossem realizadas de acordo com os procedimentos estabelecidos. Essa ferramenta assegura a padronização das tarefas, evita omissões e contribui para a rastreabilidade das ações executadas (CURBELO et al., 2017).

O *checklist* elaborado incluiu itens como monitoramento da barita, sinalização da área, disponibilidade de EPIs e Equipamentos de proteção coletiva (EPC), remoção de resíduos, armazenamento seguro, transporte licenciado, elaboração de relatórios e cronograma de manutenção preventiva. A utilização desse recurso também favoreceu a capacitação da equipe e a conformidade com as normas ambientais e de segurança ocupacional (FIGUEIREDO et al., 2018).

4.3 What If

A análise do tipo *What If* consistiu na formulação de perguntas hipotéticas do tipo “E se...?”, com o objetivo de prever falhas operacionais e suas possíveis consequências. Trata-se de uma técnica exploratória, eficiente para ampliar a percepção dos analistas em relação a eventos não planejados ou improváveis, mas de alto impacto (SMITH; BROWN, 2019).

Essa metodologia identificou falhas potenciais como: negligência no monitoramento de resíduos, uso inadequado de EPIs, falhas em EPCs, treinamento insuficiente da equipe, vazamentos no sistema de drenagem e falhas na documentação de processos. Para cada cenário, foram propostas recomendações técnicas, administrativas e de engenharia, como manutenção preventiva, protocolos de emergência, sinalização noturna e políticas de treinamento obrigatório.

4.4 HAZOP

O Estudo de perigos e operabilidade ou *Hazard and Operability Study* (HAZOP) é uma metodologia estruturada e sistemática utilizada para examinar riscos em processos industriais. A análise baseia-se na identificação de desvios a partir de parâmetros críticos, como fluxo, pressão ou temperatura, utilizando palavras-guia como “Mais”, “Menos” e “Outro que” (HUPSEL et al., 2020).

Três nós principais foram analisados no projeto:

- Linha de sucção: com o parâmetro pressão, onde falhas como obstrução ou sobre-pressão foram associadas a riscos de parada operacional e danos mecânicos.
- Tanque de limpeza (temperatura): analisado quanto ao risco de reações químicas adversas, corrosão e falhas nos EPCs devido à elevação ou queda excessiva da temperatura.
- Tanque de limpeza (fluxo): cuja análise detectou riscos associados a fluxo insuficiente, refluxo ou sobrecarga hidráulica no sistema.

O *HAZOP*, ao permitir o mapeamento sistemático de causas, consequências e medidas preventivas, destacou-se como uma ferramenta indispensável para a melhoria contínua do processo de gestão de riscos.

5 CÁLCULOS E CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A operação de limpeza do tanque ativo implicou o manuseio e descarte de grandes volumes de fluido de perfuração contaminado. Com base nos dados fornecidos, o tanque ativo possui um volume operacional de 500 barris (bbl), sendo necessário o descarte de 3.000 bbl de fluido contaminado. Considerando a capacidade de transporte de 750 bbl por viagem, estimou-se a necessidade de quatro viagens completas para a retirada do fluido líquido.

Adicionalmente, foi observada a presença de uma camada de 80 cm de sólidos no fundo do tanque, constituída principalmente por barita. Assim, calculou-se uma quinta viagem exclusivamente para o transporte desses resíduos sólidos, totalizando cinco viagens *offshore-onshore*. Para fins de cálculo mássico, adotou-se a densidade de 1.200 kg/m^3 do fluido, resultando em uma massa total transportada de aproximadamente 572 toneladas.

Do ponto de vista logístico e ambiental, a distância da plataforma à costa — 300 km — representa um desafio operacional significativo. Considerou-se, portanto, a viabilidade do tratamento parcial dos resíduos no local, com remoção de componentes tóxicos e posterior descarte controlado no mar, conforme permissões legais.

A legislação brasileira, através da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), estabelece critérios rígidos para o descarte de resíduos oleosos e proíbe o despejo de substâncias tóxicas no ambiente marinho (ANP, 2014; IBAMA, 2023).

Dessa forma, a análise de viabilidade de descarte ou reprocessamento de resíduos *offshore* exige o atendimento a critérios técnicos e legais simultaneamente, e deve considerar, ainda, as possibilidades de recuperação e reuso de materiais valiosos, como a barita, em conformidade com os princípios de economia circular e sustentabilidade operacional (CURBELO et al., 2017).

6 TRATAMENTO DE RESÍDUOS OFFSHORE

O tratamento de resíduos gerados em operações *offshore* requer uma abordagem técnica rigorosa, baseada em normas ambientais nacionais e internacionais, a fim de minimizar os impactos ao ecossistema marinho e assegurar a segurança ocupacional e operacional. No presente estudo, foi estruturada uma sequência de etapas para o gerenciamento adequado dos resíduos provenientes da contaminação do fluido de perfuração e da limpeza do tanque ativo.

6.1 Avaliação inicial do material

A primeira etapa consiste na coleta de amostras representativas dos resíduos contaminados, que devem ser enviadas a laboratórios especializados para caracterização físico-química. Os parâmetros analisados incluem pH, concentração de hidrocarbonetos, metais pesados e toxicidade, visando definir o tipo de tratamento mais apropriado e a possibilidade de reaproveitamento de componentes como a barita (CURBELO et al., 2017).

6.2 Separação de fases

Com a caracterização definida, realiza-se a separação das fases sólidas e líquidas. Para tal, utiliza-se a decantação gravitacional, a filtração e a centrifugação. Essas técnicas reduzem o volume dos resíduos mistos e facilitam o tratamento posterior de cada fração. A decantação permite a sedimentação natural dos sólidos, enquanto sistemas centrífugos aceleram a separação com base na densidade (HUPSEL et al., 2020).

6.3 Tratamento químico

Após a separação, aplica-se tratamento químico com coagulantes e floculantes para remover partículas finas e estabilizar o resíduo. O ajuste do pH e a aplicação de agentes oxidantes, como o dióxido de cloro, são essenciais para degradar compostos orgânicos

tóxicos, atender aos limites legais de descarte e evitar reações perigosas no ambiente marinho (FIGUEIREDO et al., 2018).

6.4 Remoção de hidrocarbonetos

Os hidrocarbonetos presentes são removidos por meio de skimmers, mantas absorventes oleofílicas e separadores água-óleo. O uso de membranas filtrantes também pode ser adotado para garantir que a fração aquosa esteja livre de contaminantes antes do descarte ou reuso. Esta etapa é crítica para evitar violações às normas do Anexo I da MARPOL (INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA, 2024).

6.5 Testes de toxicidade

Antes do descarte, devem ser realizados ensaios ecotoxicológicos, que avaliem a segurança ambiental do resíduo tratado em condições similares às do ambiente marinho. Somente após a validação de que os resíduos não oferecem risco à biota local é autorizado o descarte controlado (IBAMA, 2023).

6.6 Descarte no mar

Quando autorizado, o descarte no mar deve ocorrer em locais afastados de zonas ecologicamente sensíveis, como recifes ou áreas de pesca. Os resíduos tratados devem ser diluídos e monitorados em tempo real. As operações devem obedecer às normas da ANP e da MARPOL, que impõem restrições à concentração e natureza dos contaminantes (ANP, 2014; INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA, 2024).

6.7 Reutilização de componentes

Sempre que possível, recomenda-se a recuperação de materiais como a barita, via processos de condicionamento físico ou químico. Essa prática não só reduz a quantidade de resíduos gerados, mas também promove ganhos econômicos e alinhamento com os princípios da sustentabilidade e da economia circular (CURBELO et al., 2017).

Dessa forma, o tratamento de resíduos *offshore* se configura como um processo multidisciplinar que integra engenharia de processos, segurança ambiental, análise química e logística, exigindo atuação coordenada entre operadores, técnicos e gestores para garantir conformidade, eficiência e responsabilidade socioambiental.

7 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E EXPERIÊNCIAS COM EXTENSÃO

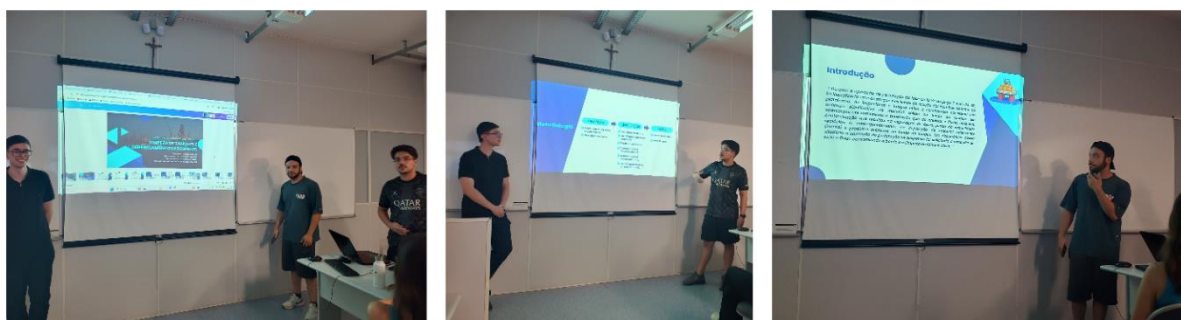
A culminância do projeto se deu com a apresentação dos resultados no ambiente acadêmico da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, com a participação de um colaborador da empresa SLB, líder mundial em serviços de petróleo. Assim, foi promovido um espaço de troca de saberes e aplicação prática dos conhecimentos adquiridos ao longo da disciplina de Gestão de Risco e Segurança de Processo. O trabalho, fundamentado em um caso real de operação *offshore*, foi conduzido como uma atividade de extensão universitária, o que ampliou significativamente o escopo da formação dos alunos envolvidos.

A apresentação foi realizada em formato expositivo, com a utilização de slides ilustrativos, recursos gráficos e linguagem técnica acessível, de modo a envolver os colegas de curso, professor e colaborador da empresa. Cada membro da equipe teve participação

ativa na explanação dos tópicos, reforçando a interdisciplinaridade do projeto e a integração do grupo. Foram abordados desde os aspectos operacionais do cenário de obstrução no tanque ativo até as estratégias propostas de mitigação de riscos e conformidade legal, como a aplicação das metodologias APR, *Checklist*, *What If* e HAZOP, além dos cálculos operacionais e ambientais envolvidos.

A presença do professor-orientador, de colegas do curso e do representante da empresa foi fundamental para validar a proposta apresentada e impulsionar a autoconfiança dos discentes. O momento se transformou em uma oportunidade de consolidar a identidade profissional dos alunos enquanto engenheiros em formação, capazes de identificar problemas reais, propor soluções viáveis e dialogar com diferentes públicos sobre temas de alta complexidade técnica e relevância social. Por fim, vale destacar que o engajamento neste projeto reforçou a importância da universidade como agente ativo na formação de profissionais mais críticos, éticos e comprometidos com o desenvolvimento sustentável. Participar de uma atividade de extensão que apresenta condições reais de trabalho industrial, considerando variáveis técnicas, humanas, legais e ambientais, representa uma experiência transformadora que, sem dúvida, deixará um legado na trajetória acadêmica e profissional de todos os envolvidos. A Figura 1, abaixo, mostra a apresentação do projeto na sala de aula.

Figura 1. Fotografias registradas da apresentação do projeto



Fonte: Autoria própria.

8 CONCLUSÃO E EXPECTATIVAS FUTURAS

O presente trabalho abordou o gerenciamento de riscos associados à limpeza de tanques e ao tratamento de resíduos em operações *offshore*, tomando como base um caso real de obstrução operacional em uma plataforma de perfuração. A partir da análise do cenário, foram identificadas problemáticas críticas como o acúmulo de sólidos, a separação de fases no fluido de perfuração e as dificuldades associadas ao descarte adequado dos resíduos gerados.

Por meio da aplicação integrada de metodologias de análise de risco — como a APR, *Checklist*, *What If* e *HAZOP* —, foi possível estruturar um plano de ação abrangente, que considera desde medidas preventivas até a resposta a falhas operacionais. Essas ferramentas permitiram uma abordagem sistemática e proativa, reforçando a segurança dos trabalhadores, a conformidade legal e a sustentabilidade ambiental das operações.

Os cálculos operacionais demonstraram a relevância de uma logística bem planejada, sobretudo em contextos *offshore*, onde as limitações de transporte e a distância da costa impõem barreiras adicionais ao descarte e tratamento de resíduos. A análise técnico-legal reforçou a importância da conformidade com regulamentações nacionais e internacionais, como as resoluções da ANP e do IBAMA e os anexos I e V da Convenção MARPOL, que estabelecem diretrizes para o descarte seguro de resíduos oleosos e sólidos no mar.

Além disso, o estudo enfatizou a importância da valorização de resíduos, com destaque para a possibilidade de recuperação de materiais como a barita, o que contribui para a redução de custos operacionais e impactos ambientais negativos. Reforçou-se, também, a necessidade de capacitação contínua das equipes e a adoção de tecnologias de monitoramento em tempo real, essenciais para mitigar riscos e garantir a eficiência dos processos.

Assim, o trabalho demonstrou como a aplicação de princípios da engenharia de segurança, aliados à gestão ambiental e ao conhecimento técnico-científico, pode transformar desafios operacionais complexos em oportunidades para inovação, conformidade regulatória e sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. Resolução nº 45, de 25 de agosto de 2014. Estabelece as especificações e limites para descarte de óleo e resíduos oleosos em operações *offshore*. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br>. Acesso em: 17 out. 2024.

CURBELO, F. D. S. et al. Remoção de fluido de perfuração base óleo por colchões lavadores compostos por óleo vegetal, tensoativo e salmoura. *Holos*, v. 33, n. 4, p. 315-325, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15628/holos.2017.5722>.

FIGUEIREDO, M. G.; ALVAREZ, D.; ADAMS, R. N. O acidente da plataforma de petróleo P-36 revisitado 15 anos depois: da gestão de situações incidentais e acidentais aos fatores organizacionais. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 34, n. 3, p. 1–14, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/9ZcQjkl7ZYYT3PtPLr8FJ8L>. Acesso em: 17 out. 2024.

FIGUEIREDO, M. et al. Reestruturação produtiva, terceirização e relações de trabalho na indústria petrolífera offshore da Bacia de Campos (RJ). *Gestão & Produção*, v. 14, n. 2, p. 345–357, 2007.



HUPSEL, A. L. et al. Combinação de processos com membranas para remoção de sulfato da água do mar para injeção em reservatórios de petróleo. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 25, n. 4, p. 615–623, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019188987>.

BRASIL. INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA – IFPB. MARPOL: Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios, 1973. Disponível em: <https://www.ifpb.edu.br/cabedelocentro/cursos/epm/aceso-a-informacao/legislacao/normas-internacionais-final/marpol-convencao-internacional-para-a-prevencao-da-poluicao-por-navios1973.pdf>. Acesso em: 17 out. 2024.

SMITH, J. R.; BROWN, T. K. Systematic hazard identification: the application of HAZOP and What-If techniques. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, v. 56, p. 432–441, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2018.12.010>.



TANK CLEANING AND WASTE MANAGEMENT: A REAL CHALLENGE IN THE OIL INDUSTRY FOR A CHEMICAL ENGINEERING EXTENSION PROJECT

Abstract: Offshore operations, particularly those involving oil platforms, present technical and environmental challenges that require a high level of risk control and operational management. In this context, the present study, developed as part of an academic extension project by the Chemical Engineering program at Pontifical Catholic University of Campinas, analyzes a real case of obstruction in drilling fluid tanks that occurred on platform 7-PUC-24-SP. From the identification of solid accumulation and fluid contamination, technical and administrative measures were proposed to mitigate risks, with a focus on operational safety, environmental compliance, and sustainability. The study applied established risk analysis methodologies, such as Preliminary Hazard Analysis (PHA), HAZOP, Checklist, and What If, in addition to logistic and environmental calculations related to waste transport and disposal. This extension-based experience enabled students to apply the theoretical knowledge acquired during the course to a real industrial situation, promoting a more critical and technically solid engineering education. The results highlight the importance of a preventive and integrated approach by chemical engineers in high-complexity environments and reinforce the role of the university as a driver of innovative and sustainable solutions to real problems in the oil industry.

Keywords: Offshore platforms; Drilling fluid tanks; Risk analysis; University extension; Chemical Engineering; Industrial sustainability; HAZOP; PHA.

