



MARINHA DO BRASIL
ESCOLA DE GUERRA NAVAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTUDOS MARÍTIMOS

RONALD TEIXEIRA JUNIOR

**ASPECTOS LEGAIS E REGULAMENTARES NA GESTÃO DE SEGURANÇA
OPERACIONAL: O PAPEL DOS FATORES HUMANOS NA INDÚSTRIA DO
PETRÓLEO**

RIO DE JANEIRO

2024

RONALD TEIXEIRA JUNIOR

**ASPECTOS LEGAIS E REGULAMENTARES NA GESTÃO DE SEGURANÇA
OPERACIONAL: O PAPEL DOS FATORES HUMANOS NA INDÚSTRIA DO
PETRÓLEO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Estudos Marítimos (PPGEM) da Escola de Guerra Naval (EGN), como requisito parcial para a conclusão do curso de Mestrado Profissional em Estudos Marítimos.

Orientador: Prof. Dr. André Panno Beirão.

RIO DE JANEIRO

2024

T266a Teixeira Junior, Ronald

Aspectos legais e regulamentares na gestão de segurança operacional: o papel dos fatores humanos na indústria do petróleo. / Ronald Teixeira Junior. - Rio de Janeiro, 2024.

139f.

Dissertação (mestrado) - Escola de Guerra Naval, Programa de Pós Graduação em Estudos Marítimos (PPGEM), 2023.

Orientador (a): André Panno Beirão.

Bibliografia: f.125-139.

1. Indústria de petróleo – Segurança operacional. 2. Acidentes industriais – Prevenção. 3. Gestão de riscos. I. Escola de Guerra Naval (BRASIL). II. Título.

CDD: 363.11

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária
Marjorie Andreza Cruz Marques Araujo – CRB7/6818
Biblioteca da Escola de Guerra Naval

RONALD TEIXEIRA JUNIOR

**ASPECTOS LEGAIS E REGULAMENTARES NA GESTÃO DE SEGURANÇA
OPERACIONAL: O PAPEL DOS FATORES HUMANOS NA INDÚSTRIA DO
PETRÓLEO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Estudos Marítimos (PPGEM) da Escola de Guerra Naval (EGN), como requisito parcial para a conclusão do curso de Mestrado Profissional em Estudos Marítimos.

Orientador: Prof. Dr. André Panno Beirão.

Aprovado em: 31/10/2024.

BANCA EXAMINADORA

André Panno Beirão (EGN – Orientador)

Charles Pacheco Piñon (EGN)

Daniela Basso Batista pinho (USP)

AGRADECIMENTOS

A conclusão desta dissertação só foi possível graças ao apoio e colaboração de diversas pessoas e instituições, às quais expresso meus mais sinceros agradecimentos:

À minha família, por seu amor incondicional, compreensão e apoio durante todos os momentos deste percurso. Vocês foram a minha fonte de força e inspiração em cada etapa desta jornada.

Ao Programa de Pós-Graduação em Estudos Marítimos (PPGEM), pelo suporte contínuo e pelas oportunidades de desenvolvimento acadêmico e profissional. Agradeço a todos os professores e funcionários do programa pelo seu compromisso e dedicação.

Aos meus colegas do PPGEM, por tornarem esta experiência ainda mais enriquecedora e colaborativa. Em especial, agradeço ao Mestre Marcio Luis Carneiro, pelo apoio, amizade e pelas valiosas contribuições que ajudaram a aprimorar este trabalho.

Ao meu Orientador, André Panno Beirão, por ter sido mais que um Orientador em momentos de dúvidas, pelo apoio em momentos difíceis, pela cobrança de disciplina, organização e compromisso, que foram essenciais para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

À Caroline Morais, pelo apoio incondicional, pelo conhecimento ímpar e pelas informações valiosas que foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta dissertação, deixo meu mais profundo reconhecimento e gratidão.

Muito obrigado!

RESUMO

A indústria de petróleo e gás é caracterizada por operações complexas e de alto risco, onde a interação entre operadores humanos e sistemas tecnológicos pode levar a incidentes significativos se não for adequadamente gerenciada. Nesse sentido, a presente pesquisa aborda a exploração de petróleo com um foco específico nos fatores humanos, aspectos legais e regulatórios, e o aprendizado derivado de grandes acidentes para a melhoria da segurança operacional no setor. A pesquisa detalha como esses fatores podem ser mitigados através de treinamentos, melhorias no *design* de sistemas e a promoção de uma cultura de segurança robusta. Em seguida, revisa a legislação vigente, regulamentações de órgãos como a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), no Brasil, e normas internacionais que visam garantir a segurança e reduzir os riscos associados às operações de exploração e produção. Além disso, a dissertação realiza uma análise comparativa de uma série de grandes acidentes históricos, como os desastres da Piper Alpha, P-36, Cidade de São Mateus, Alexander L. Kielland, Enchova, Montara e Macondo. Cada caso é examinado para identificar as causas raízes e as lições aprendidas que podem ser aplicadas para prevenir futuros incidentes. A análise comparativa revela padrões comuns nas causas raízes, como falhas de comunicação, manutenção inadequada, procedimentos operacionais deficientes e lacunas na supervisão e treinamento. Por fim, a dissertação propõe um conjunto de recomendações práticas para a indústria, baseadas em análises detalhadas e evidências empíricas, visando aprimorar a segurança operacional. Estas recomendações incluem a implementação de melhores práticas em treinamento e capacitação, melhoria contínua dos sistemas de gestão de segurança, e o fortalecimento da regulamentação e fiscalização.

Palavras-chave: Indústria de Petróleo. Segurança Operacional. Acidentes Industriais. Aprendizado de Acidentes. Gestão de Riscos.

ABSTRACT

The oil and gas industry is characterized by complex and high-risk operations, where the interaction between human operators and technological systems can lead to significant incidents if not properly managed. In this sense, this research addresses oil exploration with a specific focus on human factors, legal and regulatory aspects, and the lessons learned from major accidents to improve operational safety in the sector. The research details how these factors can be mitigated through training, improvements in system design, and the promotion of a robust safety culture. It then reviews current legislation, regulations from agencies such as the National Agency of Petroleum, Natural Gas, and Biofuels (ANP) in Brazil, and international standards that aim to ensure safety and reduce risks associated with exploration and production operations. In addition, the dissertation performs a comparative analysis of a series of major historical accidents, such as the Piper Alpha, P-36, Cidade de São Mateus, Alexander L. Kielland, Enchova, Montara, and Macondo disasters. Each case is examined to identify root causes and lessons learned that can be applied to prevent future incidents. Comparative analysis reveals common patterns in root causes, such as communication failures, inadequate maintenance, poor operational procedures, and gaps in supervision and training. Finally, the dissertation proposes a set of practical recommendations for the industry, based on detailed analysis and empirical evidence, aimed at improving operational safety. These recommendations include the implementation of best practices in training and capacity building, continuous improvement of safety management systems, and strengthening of regulation and oversight.

Keywords: Oil Industry. Operational Safety. Industrial Accidents. Learning from Accidents. Risk Management.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Comparação entre as práticas do SGSO (ANP, 2007) e o RBPS do CCPS.....	48
Quadro 2 –	Quadro de Causas Raízes.....	92
Quadro 3 –	Documentação solicitada nas auditorias desde 2021, o que o Regulador esperava e a realidade diagnosticada.....	111

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Principais causas raízes identificadas através dos relatórios de investigação de incidentes analisados e suas reincidências.....	93
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABS	<i>American Bureau of Shipping</i>
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
API	<i>American Petroleum Institute</i>
BOP	<i>Blowout Preventer</i>
BP	<i>British Petroleum</i>
BSEE	<i>Bureau of Safety and Environmental Enforcement</i>
CCPS	<i>Center for Chemical Process Safety</i>
CDC	Código de Defesa do Consumidor
CF/88	Constituição Federal de 1988
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CREAM	<i>Cognitive Reliability and Error Analysis Method</i>
DMS	Distúrbios Musculoesqueléticos
DNV	<i>Det Norske Veritas</i>
DPC	Diretoria de Portos e Costas
EERA	<i>Evacuation, Escape, and Rescue Analysis</i>
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FDS	Fichas de Dados de Segurança
FERA	<i>Fire and Explosion Risk Analysis</i>
FMEA	<i>Failure Modes and Effects Analysis</i>
FPSO	<i>Floating Production Storage and Offloading</i>
FTA	<i>Fault Tree Analysis</i>
FUP	Federação Única de Petroleiros
HAZOP	<i>Hazard and Operability Study</i>
HEART	<i>Human Error Assessment and Reduction Technique</i>
HEART+	<i>Human Error Assessment and Reduction Technique Plus</i>
HSE	<i>Health and Safety Executive</i>
HSE UK	<i>Health and Safety Executive United Kingdom</i>

HSG	<i>Health and Safety Guidance</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IEA	<i>International Ergonomics Association</i>
IOGP	<i>International Association of Oil & Gas Producers</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MMS	<i>Minerals Management Service</i>
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NASA-TLX	<i>NASA - Task Load Index</i>
NIOSH	<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>
NOPSEMA	<i>National Offshore Petroleum Safety and Environmental Management Authority</i>
NORMAN	Norma da Autoridade Marítima
NORSOK	<i>Norsk Søkkel Konkurranseseposisjon</i>
NR	Norma Regulamentadora
NT	Nota Técnica
OIT	Organização Internacional do Trabalho
OMAR	<i>Offshore Major Accident Reporting</i>
OMAR UK	<i>Offshore Major Accident Reporting United Kingdom</i>
OMI	Organização Marítima Internacional
OSHA	<i>Occupational Safety and Health Administration</i>
PETRO-HRA	<i>Petroleum Human Reliability Analysis</i>
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PSA	<i>Petroleum Safety Authority</i>
PSM	<i>Process Safety Management</i>
PTTEP	<i>PTT Exploration and Production Public Company Limited</i>
PTW	<i>Permit to Work</i>
RBPS	<i>Risk Based Process Safety</i>
RCA	<i>Root Cause Analysis</i>
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SART	<i>Safety Analysis and Review Technique</i>
SEMS	<i>Safety and Environmental Management Systems</i>
SGSO	Sistema de Gestão da Segurança Operacional

SPAR-H	<i>Standardized Plant Analysis Risk-Human Reliability Analysis</i>
SSO	Saúde e Segurança Ocupacional
THERP	<i>Technique for Human Error Rate Prediction</i>
TNA	<i>Training Needs Analysis</i>

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	14
1	FATORES HUMANOS E SUA IMPORTÂNCIA PARA A SEGURANÇA OPERACIONAL	20
1.1	Definições de fatores humanos	20
1.2	Fatores humanos e ergonomia	21
1.2.1	Aspectos de ergonomia.....	23
1.3	Abordagem de fatores humanos na indústria de petróleo e gás	26
1.4	Fatores humanos e erros humanos	27
1.5	Histórico e evolução dos estudos em fatores humanos na indústria de petróleo e gás	30
1.6	Fundamentos teóricos dos fatores humanos na literatura brasileira e internacional	32
1.6.1	Análise comparativa entre a literatura brasileira e internacional....	36
1.7	Teorias e modelos de comportamento humano aplicados à indústria de petróleo e gás	37
1.7.1	Teoria da motivação humana (Abraham Maslow).....	37
1.7.2	Teoria dos dois fatores (Frederick Herzberg).....	38
1.7.3	Modelo de carga de trabalho mental (NASA-TLX).....	38
1.7.4	Teoria do comportamento planejado (Icek Ajzen).....	38
1.7.5	Modelo de resiliência em engenharia (Erik Hollnagel).....	39
1.7.6	Modelo de ação rápida e automática (James Reason).....	39
1.7.7	Teoria da ação planejada (Donald Norman).....	39
1.7.8	Modelo de tomada de decisão naturalista (Gary Klein).....	40
1.7.9	Teoria da gestão do erro humano (Sidney Dekker).....	40
1.7.10	Teoria da resiliência organizacional (Karl Weick e Kathleen Sutcliffe).....	40
2	ASPECTOS LEGAIS E REGULATÓRIOS PARA A EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS NO AMBIENTE OFFSHORE NO BRASIL E NO MUNDO	42
2.1	Legislação brasileira aplicada à exploração e produção de	

	petróleo.....	44
2.2	Normas e regulamentos internacionais aplicáveis à exploração de petróleo e gás.....	54
2.3	Análise comparativa dos aspectos legais e regulatórios envolvendo fatores humanos na indústria de petróleo e gás.....	63
2.4	Identificação das principais lacunas legais na legislação brasileira e regulamentos da atividade de exploração e produção de petróleo e gás e seus possíveis impactos.....	66
3	ESTUDO DE CASOS.....	73
3.1	Análise dos relatórios de investigação dos incidentes.....	77
3.1.1	Evento Alexander L. Kielland – Noruega (1980).....	77
3.1.2	Evento Plataforma Enchova – Brasil (1984).....	78
3.1.3	Evento Piper Alpha – Mar do Norte (1988).....	80
3.1.4	Evento Plataforma P-36 – Brasil (2001).....	81
3.1.5	Evento Plataforma Montara – Austrália (2009).....	82
3.1.6	Evento Macondo – Golfo do México (2010).....	84
3.1.7	Evento Campo de Frade – Brasil (2011).....	86
3.1.8	Evento FPSO Cidade de São Mateus – Brasil (2015).....	87
3.2	Tabulação e análise de causas raízes em incidentes na indústria do petróleo.....	89
3.3	Aplicação da metodologia na tabela de causas raízes.....	91
3.4	Identificação de fatores humanos como causa raiz nos eventos selecionados.....	93
3.5	Implicações legais e regulatórias no Brasil.....	98
3.6	Impacto ambiental e responsabilidade legal.....	98
3.7	Segurança e saúde ocupacional.....	99
3.8	Sanções administrativas e penais.....	99
3.9	Implicações financeiras.....	100
3.10	Reforço da legislação e melhoria das práticas de segurança.....	101
4	MITIGAÇÃO DE INCIDENTES RELACIONADOS A FATORES HUMANOS: ANÁLISE DE REGULAMENTAÇÕES E	

	INDICADORES DE COMPARAÇÃO NA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO E GÁS.....	102
4.1	A importância do Estado de Direito.....	102
4.2	O Estado como normatizador.....	103
4.3	O Estado como regulador do mercado.....	103
4.4	Arcabouço legal e o papel do Estado na indústria do petróleo.....	104
4.5	O papel do Estado e das autarquias.....	105
4.6	O papel do Estado e suas limitações.....	106
4.7	O Estado como agente fiscalizador.....	107
4.7.1	Principais problemas do processo regulação – fiscalização – ação.....	107
4.8	Limitações no cumprimento das legislações e regulamentos por parte das empresas.....	109
4.8.1	Falhas no Regulamento SGSO da ANP.....	110
4.8.2	Implicações jurídicas e operacionais.....	113
5	DISCUSSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	114
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	123
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125

INTRODUÇÃO

A exploração e produção de petróleo e gás *offshore* representam um dos setores mais complexos e desafiadores da indústria energética global. No Brasil, essa atividade é de suma importância econômica, sendo responsável por uma parcela significativa da produção nacional de petróleo e gás natural. As operações *offshore* envolvem a extração de recursos em ambientes hostis, frequentemente localizados em águas profundas e ultra profundas, onde as condições extremas impõem riscos consideráveis à segurança e ao meio ambiente.

Os desafios enfrentados pela indústria de petróleo e gás *offshore*, no Brasil, não se limitam apenas aos aspectos técnicos e ambientais. Os fatores humanos desempenham um papel crítico na segurança operacional, influenciando diretamente a ocorrência de acidentes e incidentes. Falhas humanas podem resultar em eventos catastróficos, como explosões, derramamentos de óleo e perdas de vidas humanas, além de causar danos irreparáveis ao ecossistema marinho.

Compreender a complexidade dos fatores humanos e sua interação com os sistemas técnicos e organizacionais é essencial para a mitigação de riscos e a melhoria da segurança nas operações *offshore*. Esse entendimento é fundamental não apenas para a implementação de práticas de segurança eficazes, mas também para a conformidade com as regulamentações legais e normativas que governam a indústria. Nesse contexto, esta dissertação propõe uma investigação detalhada dos fatores humanos na exploração e produção de petróleo e gás *offshore* no Brasil, com um foco especial nos aspectos legais e regulatórios e sua relação com a segurança operacional.

O Brasil, com suas vastas reservas de petróleo no pré-sal, ocupa uma posição de destaque no cenário energético mundial. A exploração dessas reservas, localizadas a grandes profundidades sob a camada de sal no fundo do mar, apresenta desafios técnicos e operacionais significativos. As plataformas de petróleo *offshore*, onde ocorrem as atividades de perfuração e produção, são ambientes altamente complexos que requerem uma coordenação precisa de diversos sistemas e processos.

Os fatores humanos, que incluem aspectos como ergonomia, treinamento, comunicação, cultura organizacional e comportamento, são determinantes para o desempenho seguro e eficiente dessas operações. A negligência desses fatores

pode levar a erros operacionais, comprometendo a integridade das instalações e a segurança dos trabalhadores. Assim, a gestão eficaz dos fatores humanos é um componente essencial da segurança operacional na indústria *offshore*.

No Brasil, a regulamentação da segurança e saúde ocupacional em plataformas de petróleo é regida por normas específicas, como a Norma Regulamentadora 37 (NR-37) e o Sistema de Gestão da Segurança Operacional (SGSO) da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). A NR-37 estabelece requisitos mínimos para garantir a segurança e saúde dos trabalhadores em plataformas de petróleo, enquanto o SGSO da ANP define diretrizes para a gestão da segurança operacional, enfatizando a importância da identificação e mitigação de riscos associados aos fatores humanos.

Embora essas regulamentações forneçam uma base sólida para a segurança operacional, a complexidade e a natureza dinâmica das operações *offshore* exigem uma abordagem contínua e integrada para a gestão dos fatores humanos. Comparar as práticas e regulamentações brasileiras com normas internacionais, como as da *Norsk Søkkel Konkurransetilsyn* (NORSOK) (Noruega), *Offshore Major Accident Reporting United Kingdom* (OMAR UK) (Reino Unido), BSEE (EUA), OSHA (EUA), NOPSEMA (Austrália), ISO 14224, ISO 45001 e API (EUA), pode oferecer insumos valiosos para aprimorar as estratégias de segurança e conformidade no Brasil.

Por todo o exposto, **justifica-se** a importância deste estudo que reside na necessidade urgente de aprimorar a segurança operacional nas operações de petróleo e gás *offshore* no Brasil. O impacto potencial de acidentes nesta indústria não se restringe apenas às perdas humanas e materiais, mas também envolve consideráveis implicações ambientais e econômicas. Portanto, investigar os fatores humanos sob a perspectiva legal e regulatória é crucial para desenvolver medidas preventivas eficazes e promover uma cultura de segurança robusta.

Este estudo visa preencher lacunas na literatura existente ao fornecer uma análise abrangente dos fatores humanos e suas interações com os aspectos legais e regulatórios na indústria *offshore* brasileira. Além disso, as recomendações propostas, com base nos achados desta pesquisa, têm o potencial de influenciar políticas públicas, práticas de gestão e desenvolvimento de treinamentos, contribuindo para uma indústria mais segura e resiliente.

A dissertação, portanto, busca oferecer uma contribuição significativa para a compreensão e melhoria da gestão de fatores humanos na exploração e produção

de petróleo e gás *offshore*, alinhando-se com os melhores padrões internacionais e respondendo aos desafios específicos do contexto brasileiro.

Esta dissertação tem como **objetivo geral** investigar os fatores humanos na exploração e produção de petróleo e gás *offshore* no Brasil, com um foco especial nos aspectos legais e regulatórios e sua relação com a segurança operacional. E como **objetivos específicos**: analisar a doutrina sobre fatores humanos na indústria de petróleo e gás, identificando os principais fatores que influenciam a segurança operacional nas operações *offshore*; examinar fontes primárias normativas nacionais e internacionais sobre fatores humanos e segurança operacional; identificar como os setores envolvidos regulamentam as necessidades de as empresas atuarem para mitigar as causas dos incidentes relacionadas aos fatores humanos, cotejando-os com os principais aspectos decorrentes da análise de casos, por seus indicadores de comparação; analisar os principais eventos significativos ocorridos nos últimos 30 anos na exploração de petróleo e gás no Brasil e no Mundo que tiveram identificadas entre as causas do incidente fatores humanos, mediante o uso de indicadores padronizados de comparação de fatores e riscos, entre os eventos analisados; e identificar os principais desafios na implementação das regulamentações relacionadas aos fatores humanos nas operações *offshore* no Brasil.

Para alcançar os objetivos desta dissertação e fornecer uma análise detalhada e abrangente dos fatores humanos na exploração e produção de petróleo e gás *offshore* no Brasil, será empregada uma **metodologia** baseada em várias etapas inter-relacionadas. A abordagem metodológica incluirá revisão bibliográfica, análise documental e estudo de casos históricos. Esta seção detalha os métodos e procedimentos específicos que serão utilizados para coletar e analisar os dados relevantes.

A revisão bibliográfica constituirá a primeira etapa do estudo, fornecendo uma base teórica sólida para a pesquisa. Serão revisados artigos acadêmicos, livros, relatórios técnicos e publicações da indústria para identificar os principais fatores humanos que influenciam a segurança operacional na indústria de petróleo e gás *offshore*. A literatura revisada incluirá estudos sobre ergonomia, comportamento humano, cultura organizacional, comunicação, treinamento e outros aspectos relevantes. Além disso, serão analisados teorias e modelos que abordam a interação entre fatores humanos e sistemas técnicos e organizacionais.

As fontes primárias analisadas incluirão: a NR-37, focando nos requisitos específicos para a segurança e saúde dos trabalhadores em plataformas de petróleo no Brasil; o SGSO da ANP, analisando as diretrizes para a gestão da segurança operacional, com ênfase na identificação e mitigação de riscos associados aos fatores humanos; e as Normas Internacionais, incluindo NORSOK (Noruega), OMAR UK (Reino Unido), BSEE (EUA), OSHA (EUA), NOPSEMA (Austrália), ISO 14224, ISO 45001 e API (EUA). A análise comparativa dessas normas permitirá identificar similaridades, diferenças e melhores práticas que podem ser aplicadas no contexto brasileiro.

Uma parte central da metodologia é a identificação e análise de eventos significativos ocorridos nos últimos 30 anos na exploração de petróleo e gás no Brasil e no Mundo, onde fatores humanos foram identificados como causas dos incidentes. Para isso, foram selecionados casos emblemáticos que tiveram grande impacto na indústria, meio ambiente, repercussão na mídia e que destacam a importância da gestão de fatores humanos na prevenção de acidentes. A análise dos estudos de caso envolverá: a identificação dos eventos significativos, onde serão selecionados incidentes que ocorreram no Brasil e no Mundo nas últimas três décadas. Esses eventos serão escolhidos com base em sua severidade, impacto na indústria, meio ambiente, repercussão na mídia e disponibilidade de dados públicos; a coleta de dados, onde serão coletados dados detalhados sobre cada incidente a partir de relatórios de investigação, publicações da indústria, documentos oficiais da ANP e outras fontes relevantes. Esses dados incluirão informações sobre as causas dos incidentes, com foco especial nos fatores humanos envolvidos; a análise dos fatores humanos, que permitirá identificar os fatores humanos que contribuíram para os incidentes. Serão examinados aspectos como falhas de comunicação, deficiências no treinamento, problemas ergonômicos, lapsos de atenção e questões culturais organizacionais. A análise buscará entender como esses fatores interagiram com os sistemas técnicos e organizacionais, levando ao incidente; e as lições aprendidas e recomendações, que, com base na análise dos casos, serão identificadas as lições aprendidas e desenvolvidas recomendações práticas para a melhoria da gestão de fatores humanos na indústria *offshore*. Essas recomendações serão alinhadas com as melhores práticas internacionais e considerarão o contexto específico das operações no Brasil.

A análise comparativa das regulamentações brasileiras e internacionais permitirá identificar pontos fortes e áreas de melhoria nas normas nacionais. Serão comparados os requisitos e diretrizes de diferentes regulamentações, destacando as abordagens mais eficazes para a gestão de fatores humanos. Essa comparação fornecerá insumos sobre como as normas brasileiras podem ser aprimoradas para melhorar a segurança operacional.

A análise está estruturada em torno dos seguintes eixos principais: identificação e avaliação de fatores humanos, compreendendo os fatores humanos críticos que afetam a segurança operacional e como eles são abordados nas regulamentações; comparação de regulamentações, avaliando as diferenças e similaridades entre as normas brasileiras e internacionais, e identificando as melhores práticas; impacto dos fatores humanos em incidentes históricos, analisando como os fatores humanos contribuíram para os incidentes e quais lições podem ser aprendidas; e desenvolvimento de recomendações, propondo melhorias para a gestão de fatores humanos com base nos achados da pesquisa.

Esta dissertação está organizada em **5 (cinco) capítulos** principais, além desta introdução e das considerações finais.

O **Capítulo 1** intitulado “Fatores Humanos e sua importância para a Segurança Operacional” fornecerá uma revisão abrangente da literatura sobre fatores humanos na indústria de petróleo e gás *offshore*, destacando as teorias e modelos principais que informam a pesquisa nesta área.

O **Capítulo 2** “Aspectos Legais e Regulatórios para a Exploração de Petróleo e Gás no Ambiente *Offshore* no Brasil e no Mundo” traz uma análise detalhada da NR-37, SGSO da ANP e outras regulamentações brasileiras, bem como uma comparação com normas internacionais relevantes. Este capítulo também discutirá a evolução histórica dessas regulamentações e seu impacto na segurança operacional.

Já o **Capítulo 3** “Estudos de Caso” apresenta e analisa casos específicos de incidentes e acidentes na indústria de petróleo e gás *offshore*, com foco nos fatores humanos envolvidos e nas implicações legais e regulatórias.

O **Capítulo 4** “Mitigação de incidentes relacionados a fatores humanos: análise de regulamentações e indicadores de comparação na indústria de petróleo e gás” realiza uma descrição de como os setores envolvidos regulamentam as necessidades de as empresas atuarem para mitigar as causas dos incidentes

relacionadas aos fatores humanos. Este capítulo apresentará os principais aspectos decorrentes da análise dos incidentes, por seus indicadores de comparação.

E o **Capítulo 5** “Discussão e Recomendações” apresenta uma discussão dos achados da pesquisa, integrando as informações da revisão de literatura e análise documental. Este capítulo também apresentará recomendações para a melhoria da gestão de fatores humanos e segurança operacional nas operações *offshore* no Brasil.

1 FATORES HUMANOS E SUA IMPORTÂNCIA PARA A SEGURANÇA OPERACIONAL

O estudo dos fatores humanos na indústria de petróleo e gás tem evoluído à medida que a compreensão sobre a influência humana nas operações tem crescido. Inicialmente, o foco estava na identificação de falhas individuais, mas com o tempo, passou-se a considerar a interação de fatores individuais, de equipe e organizacionais. Essa evolução levou ao desenvolvimento de estratégias e práticas mais abrangentes para promover a segurança operacional e a eficiência na indústria, resultando em um ambiente de trabalho mais seguro e sustentável.

A compreensão dos fatores humanos é fundamental para a segurança e eficiência em diversos setores, especialmente na indústria de petróleo e gás. Este campo interdisciplinar investiga como as características humanas influenciam o desempenho em sistemas complexos, abrangendo ergonomia, psicologia, fadiga e outros aspectos cruciais. Ao longo dos anos, diferentes autores e entidades desenvolveram definições e abordagens para estudar e mitigar os impactos dos fatores humanos.

1.1 Definições de fatores humanos

Um dos principais pesquisadores no campo dos fatores humanos, Reason (1990) define fatores humanos como todas as características dos seres humanos que são relevantes para o *design*, operação e manutenção de sistemas. Esta definição enfatiza a necessidade de considerar as capacidades e limitações humanas na criação de sistemas seguros e eficientes.

Dekker (2006) argumenta que fatores humanos englobam as condições contextuais que influenciam o desempenho humano. Ele destaca que os erros humanos não devem ser vistos isoladamente, mas como resultado de interações complexas entre pessoas, tecnologias e ambientes.

Hollnagel (1993) define fatores humanos como um campo de estudo que foca no entendimento das interações entre humanos e outros elementos de um sistema. Ele sugere que a análise de fatores humanos deve incluir aspectos cognitivos, físicos e organizacionais.

Já Carvalho, Pereira e Lima (2015) define fatores humanos como o estudo das variáveis humanas que afetam o desempenho em ambientes de trabalho, incluindo aspectos físicos, mentais e organizacionais. Ele enfatiza a importância da ergonomia e da psicologia para melhorar a segurança e a eficiência operacionais.

O *Health and Safety Executive* (HSE) do Reino Unido tem uma abordagem abrangente para fatores humanos, definindo-os como aspectos ambientais, organizacionais e ocupacionais que influenciam o comportamento no trabalho de uma forma que pode afetar a saúde e a segurança. A entidade enfatiza a importância de uma gestão eficaz de fatores humanos para prevenir acidentes e promover um ambiente de trabalho seguro. O *Health and Safety Executive United Kingdom* (HSE UK) também publica diretrizes detalhadas e oferece treinamento para ajudar as organizações a incorporar considerações de fatores humanos em seus sistemas de gestão de segurança.

A *International Association of Oil & Gas Producers* (IOGP) define fatores humanos como a ciência da compreensão das interações entre pessoas, sistemas e organizações para melhorar a segurança, eficiência e bem-estar. A associação publica orientações e relatórios que ajudam as empresas de petróleo e gás a integrar fatores humanos em suas operações, com foco na redução de erros e na melhoria do desempenho operacional. A IOGP também destaca a importância da liderança e da cultura organizacional para a gestão eficaz de fatores humanos.

1.2 Fatores humanos e ergonomia

A correlação entre fatores humanos e ergonomia é intrinsecamente complexa e multifacetada, impactando diretamente a segurança operacional, a eficiência do trabalho e o bem-estar dos trabalhadores. O conceito de fatores humanos abrange a interação entre indivíduos, tarefas e o ambiente, enquanto a ergonomia se foca em adaptar o trabalho ao trabalhador, considerando suas limitações e capacidades físicas e cognitivas.

Em uma plataforma de produção de petróleo, a ergonomia é fundamental para minimizar riscos e maximizar a eficiência operacional. De acordo com Karwowski (2005), a ergonomia visa projetar sistemas de trabalho que sejam compatíveis com as características humanas, reduzindo a fadiga e o risco de lesões. A aplicação adequada de princípios ergonômicos pode melhorar a postura, reduzir

esforços desnecessários e prevenir lesões musculoesqueléticas, que são comuns em ambientes industriais.

Fatores humanos, conforme Hendrick e Kleiner (2001), envolvem aspectos como carga de trabalho, estresse, comunicação, e cultura organizacional. Em uma plataforma de petróleo, os trabalhadores enfrentam condições desafiadoras, como longas horas de trabalho, ambientes confinados e exposição a condições climáticas adversas. A integração da ergonomia pode aliviar alguns desses desafios. Por exemplo, o *design* ergonômico de estações de trabalho e ferramentas pode facilitar o uso e reduzir o risco de acidentes, como mencionado por Pheasant e Haslegrave (2006).

A correlação entre fatores humanos e ergonomia se manifesta em várias áreas. A formação e treinamento contínuos são essenciais para garantir que os trabalhadores compreendam e apliquem práticas seguras e ergonômicas. Wickens *et al.* (2013) destacam a importância de programas de treinamento que abordem tanto as capacidades físicas quanto cognitivas dos trabalhadores, permitindo-lhes realizar tarefas complexas com eficiência e segurança. Programas de treinamento eficazes devem incluir instruções sobre postura adequada, técnicas de levantamento, uso correto de ferramentas e Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), e estratégias para lidar com o estresse e a fadiga.

A comunicação eficaz é outro aspecto crucial. Em uma plataforma de petróleo, onde as operações são complexas e os riscos são elevados, a comunicação clara e precisa pode prevenir erros humanos que poderiam resultar em acidentes graves. Reiman (2010) argumenta que a ergonomia cognitiva, que se concentra em processos mentais como percepção, memória e tomada de decisão, pode ser aplicada para melhorar a comunicação e a coordenação entre os membros da equipe.

Além disso, a cultura organizacional de segurança desempenha um papel vital na integração de fatores humanos e ergonomia. Uma cultura que valorize a segurança e o bem-estar dos trabalhadores promove a adesão às práticas ergonômicas. Silverstein, Howard e Armstrong (2000) sugerem que a promoção de uma cultura de segurança inclui o compromisso da gestão em fornecer os recursos necessários para implementar melhorias ergonômicas, bem como incentivar o reporte de problemas ergonômicos e a participação dos trabalhadores em programas de segurança.

Por exemplo, o *redesign* de tarefas para reduzir a carga física, como a automação de processos repetitivos e a introdução de equipamentos assistidos mecanicamente para o manuseio de materiais pesados, pode prevenir lesões e aumentar a produtividade. Bridger (2003) enfatiza que a ergonomia participativa, onde os trabalhadores são envolvidos no processo de identificação e solução de problemas ergonômicos, resulta em soluções mais eficazes e sustentáveis.

O monitoramento contínuo e a avaliação das condições de trabalho são igualmente importantes. A coleta de dados sobre incidentes, lesões e relatórios de desconforto podem ajudar a identificar áreas problemáticas e direcionar intervenções ergonômicas. Hendrick e Kleiner (2001) observam que as avaliações ergonômicas regulares podem detectar problemas antes que se tornem sérios, permitindo uma abordagem proativa à segurança e saúde ocupacional.

1.2.1 Aspectos de ergonomia

Ergonomia é um campo multidisciplinar que envolve a aplicação de conhecimentos sobre as capacidades e limitações humanas no desenho de sistemas, tarefas, equipamentos e ambientes de trabalho. O objetivo principal da ergonomia é otimizar a interação entre as pessoas e os elementos de um sistema, melhorando a eficiência, segurança, conforto e bem-estar. A palavra "ergonomia" deriva dos termos gregos "*ergon*" (trabalho) e "*nomos*" (leis), sendo traduzida como "leis do trabalho" ou "ciência do trabalho".

A origem da ergonomia como disciplina formal remonta ao final da Segunda Guerra Mundial, quando se tornou evidente a necessidade de melhorar a interface entre os trabalhadores e as máquinas para aumentar a eficiência e reduzir os erros. No entanto, os princípios da ergonomia têm raízes mais antigas, encontrando-se referências históricas que datam dos tempos dos faraós do Egito, onde eram utilizados métodos para melhorar o conforto dos trabalhadores nas construções das pirâmides.

A definição clássica de ergonomia é dada pela *International Ergonomics Association* (IEA), que descreve a ergonomia como "a disciplina científica que se preocupa com a compreensão das interações entre humanos e outros elementos de um sistema, e a profissão que aplica teoria, princípios, dados e métodos para projetar a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho geral do sistema".

Autores renomados no campo da ergonomia incluem nomes como Robert Bridger, que, em seu livro "*Introduction to Ergonomics*", define a ergonomia como a aplicação de princípios científicos e métodos para a otimização do bem-estar humano e o desempenho geral do sistema (Bridger, 2003). O autor enfatiza a importância de um *design* centrado no usuário, que leve em consideração as capacidades e limitações humanas em todos os aspectos do *design* e operação de sistemas e produtos.

Outro autor importante é Jeffrey Reiman, que, em sua obra "*Human Factors and Ergonomics in Consumer Product Design*", destaca que a ergonomia vai além do simples ajuste de assentos e mesas; é uma abordagem holística para o *design* de qualquer sistema em que os seres humanos interajam (Reiman, 2010). O autor alerta sobre a importância de considerar fatores físicos, cognitivos e organizacionais no *design* ergonômico.

No Brasil, a ergonomia ganhou destaque com as contribuições de Waldemar Karwowski, um dos pioneiros no campo e autor de várias obras influentes. Em "*Handbook of Standards and Guidelines in Ergonomics and Human Factors*", Karwowski (2005) discute como os padrões e diretrizes ergonômicas são essenciais para a criação de ambientes de trabalho seguros e eficientes. Ele destaca que a ergonomia é um componente vital para a prevenção de lesões ocupacionais e para a promoção de saúde e bem-estar no local de trabalho (Karwowski, 2005).

A aplicação da ergonomia tem demonstrado benefícios significativos em diversos setores. Na indústria, a implementação de princípios ergonômicos pode reduzir a incidência de lesões musculoesqueléticas, aumentar a produtividade e melhorar a qualidade do produto. Em ambientes de escritório, o *design* ergonômico de estações de trabalho pode reduzir a fadiga ocular e as dores nas costas, melhorando o bem-estar geral dos funcionários.

Além disso, a ergonomia tem um papel crucial na segurança e saúde ocupacional. Estudos mostram que ambientes de trabalho mal projetados podem levar a um aumento de acidentes e doenças ocupacionais. Por exemplo, um estudo de Silverstein, Howard e Armstrong (2000), publicado no "*Journal of Occupational and Environmental Medicine*", concluiu que a adaptação ergonômica do local de trabalho pode reduzir significativamente o risco de lesões por esforço repetitivo.

A ergonomia pode ser dividida em várias subdisciplinas, e serão detalhadas a seguir.

A **ergonomia física** lida com as características anatômicas, antropométricas e fisiológicas humanas relacionadas à atividade física. A má ergonomia pode levar a Distúrbios Musculoesqueléticos (DMS), que são comuns na indústria de petróleo e gás devido às condições de trabalho físico intenso. Estudos mostram que a implementação de princípios ergonômicos pode reduzir significativamente a incidência de DMS e melhorar a produtividade (Dul; Weerdmeester, 2008).

A **ergonomia cognitiva** se concentra nos processos mentais, como percepção, memória, raciocínio e resposta motora, conforme interagem com outros elementos de um sistema. Essa área é crucial para a indústria de petróleo e gás, onde a tomada de decisão rápida e precisa é vital para a segurança. A sobrecarga cognitiva, resultante de tarefas complexas e ambientes estressantes, pode levar a erros críticos. De acordo com Wickens *et al.* (2013), a aplicação de princípios de ergonomia cognitiva pode melhorar a interface homem-máquina e reduzir a carga cognitiva.

A **ergonomia organizacional** considera a otimização dos sistemas sociotécnicos, incluindo suas estruturas organizacionais, políticas e processos. Este aspecto é crucial para desenvolver uma cultura de segurança robusta e eficaz. Segundo Karwowski (2005), a ergonomia organizacional pode melhorar a comunicação, a liderança e o engajamento dos funcionários, resultando em um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente.

Os **aspectos psicológicos** dos fatores humanos incluem a compreensão de como o estresse, a motivação, a percepção e a tomada de decisão afetam o desempenho no trabalho. A psicologia organizacional estuda como esses fatores influenciam o comportamento e a produtividade dos funcionários.

O **estresse e a fadiga** são fatores críticos que podem afetar negativamente o desempenho humano e aumentar a probabilidade de erros. O *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) define estresse ocupacional como "a resposta fisiológica e emocional nociva que ocorre quando os requisitos do trabalho não correspondem às capacidades, recursos ou necessidades do trabalhador". A fadiga, frequentemente causada por longas horas de trabalho e falta de sono, é um problema comum na indústria de petróleo e gás. Estudos indicam que a fadiga pode reduzir a vigilância, aumentar o tempo de reação e comprometer a tomada de decisão (Williamson *et al.*, 2011).

A **tomada de decisão sob pressão** é uma parte crítica do trabalho na indústria de petróleo e gás. A teoria da tomada de decisão, explorada por autores como Kahneman e Tversky (1979), sugere que os indivíduos frequentemente usam heurísticas ou atalhos mentais para tomar decisões rápidas em situações de incerteza. Embora essas heurísticas possam ser eficientes, elas também podem levar a vieses e erros. A implementação de treinamentos de tomada de decisão e simulações pode ajudar a melhorar as habilidades dos trabalhadores em situações de alta pressão.

A **cultura de segurança** é definida como os valores, atitudes, percepções e padrões de comportamento dos indivíduos e grupos que determinam o compromisso, o estilo e a proficiência da gestão de segurança e saúde de uma organização (Reason, 1997). Uma cultura de segurança positiva é fundamental para a prevenção de acidentes e para a promoção de comportamentos seguros. Estudos demonstram que organizações com uma cultura de segurança forte tendem a ter menos incidentes e melhor desempenho operacional.

1.3 Abordagem de fatores humanos na indústria de petróleo e gás

A indústria de petróleo e gás reconhece a importância dos fatores humanos na gestão de segurança e na prevenção de acidentes. A implementação de práticas de fatores humanos pode envolver várias estratégias, incluindo:

- **Treinamento e Capacitação:** Programas de treinamento focados em habilidades técnicas e não técnicas são essenciais para melhorar o desempenho dos trabalhadores. Treinamentos de simulação e exercícios de emergência podem preparar os trabalhadores para responder eficazmente em situações críticas.
- **Design Ergonômico:** Melhorar o *design* de equipamentos e estações de trabalho para reduzir a fadiga e aumentar a eficiência. Isso inclui o uso de ferramentas ajustáveis, interfaces intuitivas e ambientes de trabalho confortáveis.

- **Gestão de Fadiga:** Políticas e práticas para gerenciar a fadiga, como turnos de trabalho adequados, pausas regulares e programas de bem-estar. A monitoração da fadiga pode incluir o uso de tecnologia para detectar sinais de cansaço e ajustar os horários de trabalho conforme necessário.
- **Análise de Incidentes:** A análise de incidentes deve incluir uma avaliação detalhada dos fatores humanos. Isso pode revelar tendências e causas raiz que podem ser abordadas para prevenir futuros incidentes. Métodos como a Análise de Causa Raiz, em inglês: *Root Cause Analysis* (RCA) e a Técnica de Análise e Revisão de Segurança, em inglês: *Safety Analysis and Review Technique* (SART) são úteis para este propósito.
- **Engajamento dos Funcionários:** Envolver os trabalhadores no processo de segurança e incentivá-los a relatar preocupações e sugestões. Programas de feedback contínuo e participação ativa podem melhorar a adesão às práticas de segurança.
- **Tecnologia e Automação:** O uso de tecnologia avançada e automação para reduzir a carga de trabalho dos operadores e minimizar o risco de erro humano. Sistemas de controle automatizados, sensores de segurança e monitoramento remoto podem melhorar a eficiência e a segurança.

1.4 Fatores humanos e erros humanos

Os fatores humanos referem-se ao estudo das interações entre seres humanos e outros elementos de um sistema, reconhecendo a importância das capacidades, limitações e comportamentos humanos para a segurança e eficiência (HSE UK, 2019). Na indústria de petróleo e gás, a compreensão desses fatores é crucial para minimizar erros, acidentes e impactos negativos. Ao considerar aspectos como ergonomia, comunicação, tomada de decisão e cultura organizacional, é possível promover um ambiente de trabalho mais seguro, confiável e produtivo.

Entretanto, é bastante comum a correlação entre fatores humanos e erros humanos na literatura. A compreensão dos conceitos de fatores humanos e erros humanos é crucial para a segurança e eficiência operacional, especialmente em

indústrias de alto risco como a de petróleo e gás. Embora estejam interligados, esses conceitos possuem diferenças importantes que influenciam a abordagem e a mitigação de incidentes.

Fatores humanos referem-se a uma ampla gama de aspectos que influenciam o comportamento humano no trabalho. Eles abrangem desde as capacidades físicas e cognitivas dos indivíduos até os aspectos organizacionais e ambientais que afetam o desempenho humano. De acordo com Wickens *et al.* (2013) fatores humanos incluem todas as variáveis que influenciam a interação entre os seres humanos e os outros elementos de um sistema. Isso inclui ergonomia, psicologia, *design* de interface, carga de trabalho, treinamento, comunicação e cultura organizacional.

Erros Humanos, por outro lado, são falhas específicas cometidas por indivíduos ao realizar tarefas. Reason (1990) define erro humano como ações ou decisões que resultam em desvios indesejados de um objetivo ou plano previamente estabelecido. Erros podem ser classificados em diferentes tipos, como lapsos (falhas de memória), enganos (falhas de planejamento ou de julgamento) e falhas de execução (erros de ação). Erros humanos são frequentemente consequências de fatores humanos mal gerenciados.

Hollnagel (1993) define erro humano como um desvio da intenção ou do resultado esperado de uma ação planejada. Esse conceito é frequentemente utilizado para analisar incidentes e acidentes, identificando como e por que as ações humanas não alcançaram os resultados pretendidos.

Os fatores humanos são frequentemente as condições subjacentes que podem levar a erros humanos. Em outras palavras, os erros humanos podem ser vistos como sintomas de problemas mais profundos relacionados aos fatores humanos. Por exemplo, um erro operacional pode ser causado por fatores como fadiga, treinamento inadequado ou *design* deficiente do equipamento.

Dekker (2006) argumenta que, para compreender os erros humanos, é necessário examinar o contexto mais amplo em que os erros ocorrem, considerando os fatores humanos. Ele sugere que erros não devem ser vistos apenas como falhas individuais, mas como indicadores de problemas sistêmicos.

Apesar da correlação estreita, é importante distinguir entre fatores humanos e erros humanos por várias razões. Vejamos.

Em relação ao **escopo e enfoque**, os fatores humanos abrangem uma ampla gama de elementos que influenciam o desempenho humano, incluindo

características individuais, interações sociais e aspectos organizacionais. Já os erros humanos focam especificamente nas falhas ou desvios que resultam de ações humanas inadequadas ou incorretas.

Quanto ao **objetivo de estudo**, os fatores humanos buscam entender e otimizar a interação entre pessoas e sistemas para melhorar a segurança e a eficiência. Já os erros humanos enfocam a identificação e análise de falhas específicas para prevenir recorrências.

As **intervenções** nos fatores humanos podem incluir melhorias no *design* de sistemas, mudanças organizacionais e treinamento para abordar aspectos cognitivos, físicos e sociais. E as intervenções nos erros humanos tendem a ser mais reativas, abordando falhas específicas com correções pontuais e medidas preventivas diretas.

A aplicação de **metodologias** para entender e mitigar erros humanos e fatores humanos varia, mas frequentemente se sobrepõe. Métodos comuns incluem: a análise de tarefas, a ergonomia e *design*, e a cultura organizacional. A análise de tarefas é utilizado para decompor e analisar tarefas complexas, identificando pontos onde erros são mais prováveis. Kirwan (1994) discute como a análise de tarefas pode ser usada para identificar fatores humanos que contribuem para erros operacionais. A ergonomia e *design* é focada em melhorar o *design* de equipamentos e interfaces para reduzir a probabilidade de erros humanos. Stanton *et al.* (2013) exploram como o *design* ergonômico pode influenciar a ocorrência de erros humanos, destacando a importância de considerar fatores humanos no processo de *design*. E a cultura organizacional aborda como a cultura de uma organização pode influenciar o comportamento dos indivíduos e a propensão para erros. Reason (1997) discute a importância de uma cultura de segurança robusta e como ela pode mitigar os fatores humanos que levam a erros.

Na indústria de petróleo e gás, a distinção entre fatores humanos e erros humanos é crucial para a implementação de práticas de segurança eficazes. Estudos de caso, como o desastre da plataforma Deepwater Horizon, destacam como falhas sistêmicas relacionadas aos fatores humanos podem culminar em erros catastróficos.

A sobrecarga cognitiva dos operadores pode levar a uma diminuição da capacidade de tomar decisões críticas durante situações de emergência. O relatório de investigação do acidente da Deepwater Horizon, em 2011, aponta que a fadiga e

o treinamento inadequado foram fatores humanos críticos que contribuíram para o desastre.

A falha em interpretar corretamente os sinais de pressão no poço foi um erro humano específico que desencadeou a explosão. A mesma investigação destaca como erros específicos de interpretação e ação contribuíram diretamente para o evento catastrófico.

A distinção entre fatores humanos e erros humanos é fundamental para desenvolver intervenções eficazes e prevenir acidentes. No entanto, a indústria ainda enfrenta desafios significativos na implementação dessas distinções na prática diária. A tendência de culpar os indivíduos pelos erros sem considerar os fatores subjacentes pode limitar a eficácia das medidas de segurança.

As empresas muitas vezes falham em promover uma cultura de segurança que encoraje a reporte de incidentes e a análise de fatores humanos. Implementação de programas de segurança baseados em comportamento e uma abordagem de sistema para analisar fatores humanos pode mitigar esses desafios. Reason (2000) enfatiza a necessidade de uma cultura de segurança para prevenir a repetição de erros humanos.

O treinamento inadequado continua sendo um problema, com muitos programas não abordando adequadamente os fatores humanos. Desenvolver programas de treinamento integrados que abordem tanto habilidades técnicas quanto comportamentais. Salas, Bowers e Edens (2001) discutem a importância de treinar habilidades não técnicas, como tomada de decisão e comunicação, para reduzir a probabilidade de erros humanos.

1.5 Histórico e evolução dos estudos em fatores humanos na indústria de petróleo e gás

O estudo dos fatores humanos na indústria de petróleo e gás tem evoluído à medida que a compreensão sobre a influência humana nas operações tem crescido. Inicialmente, o foco estava na identificação de falhas individuais, mas com o tempo, passou-se a considerar a interação de fatores individuais, de equipe e organizacionais. Essa evolução levou ao desenvolvimento de estratégias e práticas mais abrangentes para promover a segurança operacional e a eficiência na indústria, resultando em um ambiente de trabalho mais seguro e sustentável.

A evolução dos estudos em fatores humanos na indústria de petróleo e gás é uma história marcada pela crescente conscientização sobre a importância do desempenho humano na segurança e eficiência operacional. Desde os primeiros estudos focados em ergonomia básica até as abordagens integradas de hoje, os fatores humanos se tornaram um componente crucial na gestão de riscos e no *design* de sistemas complexos.

Os estudos sobre fatores humanos na indústria de petróleo e gás começaram a ganhar relevância na década de 1960, com a introdução de conceitos básicos de ergonomia. A ênfase inicial estava na melhoria do *design* dos postos de trabalho para reduzir a fadiga e melhorar a eficiência dos trabalhadores. Durante esse período, a maioria dos estudos focava na adaptação física dos ambientes de trabalho às capacidades humanas, como o *design* de ferramentas e a disposição dos controles em plataformas de petróleo.

Na década de 1980, a engenharia de fatores humanos começou a se consolidar como uma disciplina importante na indústria de petróleo e gás. Estudos começaram a focar não apenas na ergonomia física, mas também na interação humano-máquina e na interface dos sistemas de controle. A catástrofe de Piper Alpha, em 1988, onde uma explosão resultou na morte de 167 trabalhadores, foi um ponto de inflexão significativo. A investigação subsequente destacou a falha em considerar adequadamente os fatores humanos como uma das causas principais do desastre.

O relatório de Cullen, resultado da investigação de Piper Alpha, enfatizou a necessidade de melhorias significativas na consideração dos fatores humanos na indústria *offshore*. Isso levou a um foco maior na análise de tarefas, no *design* de interfaces homem-máquina e na gestão da carga de trabalho mental e física dos operadores.

Nos anos 2000, a integração sistêmica dos fatores humanos se tornou um objetivo claro. A publicação de normas internacionais como a ISO 11064, que aborda o *design* ergonômico dos sistemas de controle, e a ISO 6385, que estabelece os princípios ergonômicos para o *design* dos sistemas de trabalho, marcou uma nova fase na consideração dos fatores humanos. As empresas começaram a adotar uma abordagem mais holística, considerando não apenas o ambiente físico, mas também os fatores psicossociais e organizacionais que afetam o desempenho dos trabalhadores.

A década de 2010 viu uma aceleração nos estudos e na aplicação prática dos fatores humanos, impulsionada por avanços tecnológicos e uma maior compreensão das interações complexas em ambientes de trabalho. A integração de tecnologias avançadas, como a realidade virtual para treinamento e simulação, permitiu uma análise mais detalhada das interações humanas com os sistemas. A análise de big data e a inteligência artificial começaram a ser usadas para prever e mitigar riscos relacionados aos fatores humanos.

A publicação de documentos orientadores, como o "*Human Factors Engineering in Projects*" (Report 454) da IOGP forneceu um conteúdo abrangente para a integração de fatores humanos em todas as fases do ciclo de vida do projeto. Este relatório destacou a importância de considerar as capacidades e limitações humanas no *design* e construção de sistemas sociotécnicos.

Atualmente, as regulamentações internacionais e nacionais incorporam explicitamente os fatores humanos. Nos Estados Unidos, a OSHA exige a consideração de fatores humanos nos programas de gestão de segurança de processos, em inglês: *Process Safety Management (PSM)*. No Reino Unido, a HSE continua a promover a integração dos fatores humanos através de diretrizes e relatórios técnicos.

No Brasil, a ANP incluiu requisitos explícitos relacionados aos fatores humanos em suas regulamentações, como na Nota Técnica (NT) nº 10/2023, que aborda a gestão de segurança operacional e a importância de considerar os fatores humanos na identificação e mitigação de riscos.

1.6 Fundamentos teóricos dos fatores humanos na literatura brasileira e internacional

A indústria de petróleo e gás é uma das mais desafiadoras e arriscadas, com operações que ocorrem em ambientes extremos, incluindo águas profundas e regiões remotas. A segurança operacional é uma preocupação primordial, e a literatura aponta que os fatores humanos desempenham um papel crítico na mitigação de riscos e na prevenção de acidentes. Esta revisão abrangente da literatura brasileira e internacional visa destacar os principais estudos, teorias e práticas que relacionam fatores humanos com a segurança operacional na indústria de petróleo e gás.

Os primeiros estudos brasileiros sobre fatores humanos na indústria de petróleo e gás concentraram-se na análise de incidentes e acidentes, buscando identificar erros humanos como causas primárias. Trabalhos de pesquisadores como Moura *et al.* (2006) destacaram a importância de entender o comportamento humano em situações de emergência e operações de rotina. Este estudo seminal utilizou métodos de análise de causa raiz para identificar como falhas humanas contribuíram para eventos adversos, propondo medidas preventivas baseadas na melhoria dos processos e no treinamento.

Oliveira, Santos e Almeida (2010) conduziram uma investigação detalhada sobre a eficácia dos programas de treinamento nas plataformas de petróleo brasileiras. Eles concluíram que a formação contínua e específica para cada função é essencial para a redução de erros operacionais. O estudo destacou a importância de simulações realistas e treinamentos práticos que replicam as condições de trabalho no mar, permitindo aos trabalhadores desenvolverem habilidades críticas para a segurança operacional. A pesquisa também enfatizou a necessidade de avaliações periódicas de desempenho para garantir que os conhecimentos adquiridos sejam mantidos e aplicados corretamente.

Santos e Silva (2013) exploraram a relação entre cultura de segurança e desempenho operacional em plataformas de petróleo. Eles descobriram que uma cultura organizacional que valoriza e recompensa comportamentos seguros é fundamental para a segurança operacional. Utilizando uma abordagem qualitativa, os pesquisadores realizaram entrevistas e grupos focais com trabalhadores de diferentes níveis hierárquicos, revelando que a comunicação aberta e a liderança proativa são elementos-chave para uma cultura de segurança eficaz. Este estudo ressaltou a importância do comprometimento da alta direção e da participação ativa de todos os níveis hierárquicos na promoção da segurança.

Carvalho, Pereira e Lima (2015) abordaram a ergonomia como um fator crítico para o desempenho humano em plataformas de petróleo. A pesquisa, que incluiu avaliações ergonômicas de postos de trabalho e entrevistas com operadores, concluiu que melhorias ergonômicas no ambiente de trabalho podem reduzir a fadiga e os erros humanos, aumentando assim a segurança operacional. As recomendações incluíram ajustes no *design* de equipamentos e interfaces de controle, além da implementação de pausas regulares para minimizar a sobrecarga física e mental dos trabalhadores.

Lima e Pereira (2018) examinaram o impacto da automação e das tecnologias avançadas na segurança operacional. Eles argumentaram que a integração adequada de sistemas automatizados pode reduzir a carga de trabalho dos operadores e minimizar a incidência de erros humanos. No entanto, o estudo também alertou para o risco de dependência excessiva da tecnologia, que pode levar à complacência e à diminuição da vigilância. Os autores sugeriram a implementação de programas de treinamento específicos para a operação e manutenção de sistemas automatizados, além de procedimentos de verificação manual para complementar as operações automatizadas.

Em relação à literatura internacional, Reason (1990), com seu Modelo do Queijo Suíço, é uma referência fundamental na análise de acidentes industriais, incluindo a indústria de petróleo e gás. Este modelo destaca como falhas latentes (fatores organizacionais e ambientais) e falhas ativas (erros humanos) interagem para causar acidentes. Reason argumenta que a segurança é um produto da interação entre sistemas técnicos, organizacionais e humanos, e que as defesas devem ser projetadas para minimizar as oportunidades de falhas. Este modelo tem sido amplamente aplicado em análises de acidentes na indústria de petróleo, oferecendo uma estrutura para entender e mitigar os riscos.

Hopkins (2000) analisou o desastre de Piper Alpha, identificando múltiplos fatores humanos, como falhas na comunicação e procedimentos inadequados de gestão de mudanças. Utilizando uma abordagem de estudo de caso, Hopkins (2000) examinou os eventos que levaram ao acidente, destacando a importância de uma comunicação eficaz e de processos robustos de gestão de mudanças para prevenir desastres. Este estudo reforça a necessidade de sistemas de gerenciamento de segurança que incorporem a análise de fatores humanos para identificar e mitigar riscos potenciais.

Flin, O'Connor e Crichton (2002) discutem o papel crucial dos programas de treinamento em segurança e a necessidade de incorporar treinamento em habilidades não técnicas (como tomada de decisão, comunicação e liderança) para melhorar a segurança operacional. A pesquisa revelou que habilidades não técnicas são frequentemente negligenciadas em programas de treinamento tradicionais, mas são essenciais para a eficácia operacional e a resposta a emergências. Os autores recomendam a inclusão de treinamentos específicos em habilidades não técnicas,

além de avaliações regulares para garantir a competência contínua dos trabalhadores.

Guldenmund (2010) desenvolveu um *framework* para entender e melhorar a cultura de segurança nas organizações. Estudos subsequentes aplicaram esse *framework* em diversas indústrias, incluindo petróleo e gás, mostrando que a liderança e o envolvimento dos funcionários são chave para uma cultura de segurança eficaz. Guldenmund (2010) argumenta que a cultura de segurança é influenciada por fatores organizacionais, como políticas, práticas e valores, e que a liderança desempenha um papel crucial na promoção de uma cultura de segurança positiva. A pesquisa sugere que as organizações devem investir em programas de desenvolvimento de liderança e iniciativas de engajamento dos funcionários para fortalecer a cultura de segurança.

Kinnersly e Roelen (2007) abordaram a importância da ergonomia na prevenção de erros humanos. Eles argumentam que o *design* ergonômico de equipamentos e interfaces é essencial para a segurança operacional. Utilizando métodos de análise ergonômica, os autores identificaram que a falta de consideração pela ergonomia no *design* de sistemas pode levar a erros operacionais e aumentar o risco de acidentes. O estudo recomenda a integração de princípios ergonômicos no processo de *design* de equipamentos e a realização de avaliações ergonômicas regulares para identificar e corrigir problemas potenciais.

Ruff (2011) e Sheridan (2002) analisaram o impacto das tecnologias de automação na segurança operacional. Concluíram que, embora a automação possa reduzir a incidência de erros humanos, também pode introduzir novos tipos de erros, especialmente quando os operadores não estão adequadamente treinados para interagir com sistemas automatizados. Sheridan (2002) destacou a necessidade de um equilíbrio entre automação e supervisão humana, sugerindo que os sistemas automatizados devem ser projetados para apoiar, e não substituir, a tomada de decisão humana. Ruff (2011) enfatizou a importância do treinamento contínuo para garantir que os operadores estejam familiarizados com os sistemas automatizados e possam responder adequadamente em caso de falhas.

1.6.1 Análise comparativa entre a literatura brasileira e internacional

A análise comparativa entre a literatura brasileira e internacional revela tanto convergências quanto divergências nos enfoques sobre fatores humanos. Ambos os

corpos de literatura reconhecem a importância crítica dos fatores humanos, mas há diferenças nos métodos e ênfases. Vejamos.

Em relação ao treinamento e capacitação, a literatura brasileira foca na importância do treinamento contínuo e específico para cada função, destacando a necessidade de simulações realistas e treinamentos práticos que replicam as condições de trabalho no mar. Estudos brasileiros como os de Oliveira, Santos e Almeida (2010) enfatizam a avaliação periódica de desempenho e a manutenção do conhecimento adquirido através de programas de reciclagem. E a literatura internacional enfatiza a necessidade de incorporar habilidades não técnicas (*soft skills*) nos programas de treinamento. Flin, O'Connor e Crichton (2002) argumentam que habilidades como comunicação, tomada de decisão e liderança são essenciais para a eficácia operacional e a resposta a emergências, recomendando a inclusão de treinamentos específicos nessas áreas.

No que diz respeito à cultura de segurança, a literatura brasileira aborda a cultura de segurança em contextos específicos e práticos, destacando a importância da comunicação aberta e da liderança proativa. Estudos como os de Santos e Silva (2013) utilizam métodos qualitativos para explorar como a cultura de segurança é percebida e implementada nas plataformas de petróleo. E a literatura internacional utiliza *frameworks* teóricos para analisar e melhorar a cultura de segurança. Guldenmund (2010) desenvolveu um *framework* que identifica fatores organizacionais, como políticas, práticas e valores, que influenciam a cultura de segurança. A literatura internacional frequentemente aplica esses *frameworks* em estudos de caso para identificar áreas de melhoria e desenvolver estratégias de intervenção.

Quanto à ergonomia e *design*, a literatura brasileira enfatiza a importância da ergonomia no ambiente de trabalho, com foco em reduzir a fadiga e os erros humanos através de melhorias no *design* de equipamentos e interfaces. Carvalho, Pereira e Lima (2015) destacam a necessidade de avaliações ergonômicas regulares e a implementação de pausas para minimizar a sobrecarga física e mental. E a literatura internacional integra ergonomia com novas tecnologias, explorando como o *design* ergonômico pode ser aplicado a interfaces avançadas e sistemas automatizados. Estudos como os de Kinnersly e Roelen (2007) sugerem que a falta de consideração pela ergonomia no *design* de sistemas pode aumentar o risco de

acidentes, recomendando a integração de princípios ergonômicos no processo de *design*.

Já quanto à tecnologia e automação, a literatura brasileira aborda o impacto da automação na redução da carga de trabalho dos operadores e na minimização de erros humanos, alertando para o risco de dependência excessiva da tecnologia. Lima e Pereira (2018) sugerem a implementação de programas de treinamento específicos para a operação e manutenção de sistemas automatizados. E a literatura internacional destaca a necessidade de um equilíbrio entre automação e supervisão humana, sugerindo que os sistemas automatizados devem apoiar, e não substituir, a tomada de decisão humana. Ruff (2011) e Sheridan (2002) enfatizam a importância do treinamento contínuo para garantir que os operadores estejam familiarizados com os sistemas automatizados e possam responder adequadamente em caso de falhas.

1.7 Teorias e modelos de comportamento humano aplicados à indústria de petróleo e gás

A aplicação das teorias e modelos de comportamento humano na indústria de petróleo e gás tem se mostrado essencial para a melhoria da segurança, eficiência operacional e bem-estar dos trabalhadores. Este tópico detalha as principais teorias e modelos utilizados, explorando suas origens, princípios fundamentais e como são aplicados na prática dentro desta indústria.

1.7.1 Teoria da motivação humana (Abraham Maslow)

Maslow (1943) propôs uma hierarquia de necessidades humanas que devem ser atendidas para alcançar a motivação plena. Esta hierarquia, representada como uma pirâmide, começa com as necessidades fisiológicas básicas e progride para a segurança, sociais, estima e, finalmente, a autoatualização.

As empresas utilizam a hierarquia de Maslow para desenvolver programas de bem-estar e motivação dos funcionários. Por exemplo, assegurar condições de trabalho seguras (necessidades de segurança), promover uma cultura organizacional inclusiva (necessidades sociais) e oferecer oportunidades de crescimento e reconhecimento (necessidades de estima e autoatualização).

1.7.2 Teoria dos dois fatores (Frederick Herzberg)

Herzberg (1959) identificou dois grupos de fatores que influenciam a satisfação no trabalho: fatores higiênicos e motivacionais. Fatores higiênicos, como condições de trabalho e salário, evitam a insatisfação, enquanto fatores motivacionais, como reconhecimento e responsabilidade, promovem a satisfação.

Empresas do setor implementam melhorias nos fatores higiênicos para garantir um ambiente de trabalho seguro e confortável. Simultaneamente, desenvolvem programas de reconhecimento e delegação de responsabilidade para aumentar a motivação e o engajamento dos trabalhadores.

1.7.3 Modelo de carga de trabalho mental (NASA-TLX)

O Índice de Carga de Trabalho da NASA, em inglês: *NASA - Task Load Index* (NASA-TLX) é uma ferramenta utilizada para avaliar a carga de trabalho mental em tarefas complexas, considerando seis dimensões: demanda mental, demanda física, demanda temporal, desempenho, esforço e frustração.

O NASA-TLX é amplamente utilizado para avaliar e otimizar a carga de trabalho dos operadores em plataformas de petróleo e salas de controle. Isso ajuda a identificar áreas onde a carga de trabalho pode ser reduzida, melhorando a segurança e a eficácia operacional (Hart; Staveland, 1988).

1.7.4 Teoria do comportamento planejado (Icek Ajzen)

A Teoria do Comportamento Planejado de Ajzen (1991) sugere que o comportamento humano é influenciado por três componentes: atitude em relação ao comportamento, normas subjetivas e controle comportamental percebido. Esses componentes influenciam a intenção de realizar um comportamento, que por sua vez influencia a ação real.

Este modelo é utilizado para desenvolver programas de segurança que visam mudar atitudes e comportamentos dos trabalhadores. Por exemplo, campanhas de segurança podem ser desenhadas para melhorar as atitudes em relação ao uso de

EPIs, alterar normas sociais para encorajar práticas seguras e aumentar a percepção de controle dos trabalhadores sobre sua própria segurança.

1.7.5 Modelo de resiliência em engenharia (Erik Hollnagel)

A resiliência em engenharia, conforme proposta por Hollnagel (1993), foca na capacidade de um sistema para antecipar, monitorar, responder e aprender com perturbações. Isso é especialmente relevante em ambientes de alta complexidade e risco, como a indústria de petróleo e gás.

Empresas implementam práticas de resiliência, como simulações de emergência e análises pós-incidente, para melhorar a capacidade de resposta a eventos inesperados. Sistemas de monitoramento contínuo e feedback são utilizados para antecipar e mitigar riscos antes que se tornem críticos.

1.7.6 Modelo de ação rápida e automática (James Reason)

Reason (1990) desenvolveu modelos para entender erros humanos, distinguindo entre erros de ação rápida (*slips and lapses*) e erros de ação automática. Reason (1990) também introduziu o conceito do “modelo do queijo suíço” para descrever como falhas em diferentes camadas de defesa podem se alinhar para causar um incidente.

O modelo do queijo suíço é utilizado para analisar incidentes e identificar falhas sistêmicas em múltiplas camadas de defesa. Isso leva ao desenvolvimento de estratégias para reforçar essas camadas, como treinamento adicional, procedimentos operacionais padrão mais robustos e melhoria na comunicação entre equipes.

1.7.7 Teoria da ação planejada (Donald Norman)

Norman (1986) propôs a Teoria da Ação Planejada que descreve como as pessoas realizam ações através de um ciclo de planejamento, execução e avaliação. Este ciclo envolve a formação de intenções, a execução de ações e a comparação dos resultados obtidos com os resultados esperados.

Este modelo é aplicado no *design* de sistemas de controle e interfaces homem-máquina, garantindo que os operadores possam facilmente planejar e executar ações, e receber feedback claro sobre os resultados de suas ações. Interfaces intuitivas e feedback imediato são essenciais para reduzir erros operacionais.

1.7.8 Modelo de tomada de decisão naturalista (Gary Klein)

Klein (1998) desenvolveu o modelo de tomada de decisão naturalista, que foca em como as pessoas tomam decisões em situações reais, complexas e de alta pressão. O modelo enfatiza a importância da experiência e do reconhecimento de padrões.

Programas de treinamento baseados em cenários reais e simulações são utilizados para melhorar a tomada de decisão dos operadores em situações de emergência. A experiência é valorizada, e os operadores são treinados para reconhecer rapidamente padrões de perigo e agir de acordo.

1.7.9 Teoria da gestão do erro humano (Sidney Dekker)

Dekker (2006) propôs uma abordagem para a gestão do erro humano que foca em entender as condições que levam aos erros e em criar sistemas que são tolerantes a erros. Dekker argumenta que erros são inevitáveis e que os sistemas devem ser desenhados para prevenir que erros causem incidentes graves.

As empresas adotam práticas para identificar e mitigar as condições que podem levar a erros, como fadiga e sobrecarga de trabalho. Sistemas de redundância e verificação cruzada são implementados para capturar erros antes que eles resultem em falhas catastróficas.

1.7.10 Teoria da resiliência organizacional (Karl Weick e Kathleen Sutcliffe)

Weick e Sutcliffe (2001) desenvolveram a teoria da resiliência organizacional, que se concentra em como as organizações podem manter um alto desempenho em situações de estresse e incerteza. Eles destacam a importância da prontidão para responder a eventos inesperados e da capacidade de aprender com esses eventos.

Organizações implementam práticas de resiliência, como exercícios de simulação e cultura de segurança, para se preparar e responder eficazmente a incidentes. O aprendizado contínuo é promovido através da análise de incidentes e da disseminação de lições aprendidas.

2 ASPECTOS LEGAIS E REGULATÓRIOS PARA A EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS NO AMBIENTE *OFFSHORE* NO BRASIL E NO MUNDO

A exploração e produção de petróleo e gás no ambiente *offshore* é uma atividade de grande complexidade e risco, demandando um robusto arcabouço legal e regulatório para garantir a segurança operacional, a proteção ambiental e a saúde dos trabalhadores. Este capítulo aborda detalhadamente os principais aspectos legais e regulatórios que regem essas atividades no Brasil e em diversas partes do mundo, destacando as similaridades, diferenças e melhores práticas adotadas globalmente.

No Brasil, a exploração e produção de petróleo e gás *offshore* são regulamentadas principalmente pela ANP. A ANP estabelece normas técnicas e operacionais que visam garantir a segurança das operações e a proteção do meio ambiente. Uma das principais regulamentações é o SGSO, que obriga as empresas operadoras a adotarem um sistema de gestão integrado que aborde todos os aspectos de segurança, saúde e meio ambiente (ANP, 2022). O SGSO enfatiza a identificação e mitigação de riscos operacionais e incluem diretrizes específicas para a gestão de fatores humanos, reconhecendo a importância destes na prevenção de acidentes (ANP, 2022).

Outra regulamentação crucial no Brasil é a NR-37, que estabelece requisitos mínimos para garantir a segurança e saúde dos trabalhadores em plataformas de petróleo. A NR-37 abrange uma ampla gama de aspectos, incluindo condições de trabalho, ergonomia, prevenção de incêndios e explosões, e treinamento de pessoal (Ministério do Trabalho, 2018). Esta norma reflete a preocupação com a proteção dos trabalhadores e a minimização dos riscos associados às operações *offshore*.

Internacionalmente, diversas jurisdições possuem seus próprios conjuntos de normas e regulamentações que governam a exploração e produção de petróleo e gás *offshore*. Na Noruega, a regulamentação é conduzida pela *Petroleum Safety Authority* (PSA), que implementa a estrutura NORSOK. As normas NORSOK são amplamente reconhecidas por sua abrangência e rigor, cobrindo aspectos técnicos, operacionais e de segurança (PSA, 2018). A abordagem norueguesa destaca-se pela ênfase na cultura de segurança e na responsabilidade individual e coletiva pela segurança operacional.

No Reino Unido, a regulação é feita pela HSE em conformidade com a *Offshore Installations (Safety Case) Regulations 2005* (SCR 2005). A legislação do Reino Unido exige que as empresas operadoras apresentem um *Safety Case* que demonstre como os riscos são gerenciados e controlados, e como as operações são realizadas de forma segura (HSE, 2020). A abordagem do *Safety Case* é centrada na avaliação de riscos e na implementação de medidas preventivas e mitigadoras.

Nos Estados Unidos, a regulamentação das operações *offshore* é responsabilidade do *Bureau of Safety and Environmental Enforcement* (BSEE) e da *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA). A BSEE implementa o *Safety and Environmental Management Systems* (SEMS) Rule, que exige das empresas a adoção de sistemas de gestão que abordem a segurança e a proteção ambiental (BSEE, 2019). A OSHA, por sua vez, estabelece normas de segurança e saúde ocupacional, complementando as diretrizes da BSEE (OSHA, 2019).

Na Austrália, a *National Offshore Petroleum Safety and Environmental Management Authority* (NOPSEMA) adota uma abordagem baseada em objetivos para a regulamentação das operações *offshore*. A legislação australiana exige que as empresas apresentem um *Safety Case* e um *Environment Plan* que demonstrem como os riscos serão gerenciados e como os impactos ambientais serão minimizados (NOPSEMA, 2018). A NOPSEMA é conhecida por seu rigor e enfoque na responsabilidade das operadoras pela segurança e proteção ambiental.

A nível internacional, a *International Organization for Standardization* (ISO) desenvolveu normas que são amplamente utilizadas na indústria de petróleo e gás, como a ISO 14224, que fornece diretrizes para a coleta e troca de dados de confiabilidade e manutenção (ISO, 2016), e a ISO 45001, que especifica requisitos para sistemas de gestão de segurança e saúde ocupacional (ISO, 2018). Essas normas ajudam a harmonizar práticas e a promover a adoção de melhores padrões globais.

A IOGP também desempenha um papel significativo na promoção de melhores práticas e padrões de segurança na indústria. O relatório "*IOGP Report 454: Human factors engineering in projects*" é um exemplo de como a engenharia de fatores humanos pode ser integrada aos projetos de petróleo e gás para melhorar a segurança e a eficiência operacional (IOGP, 2011). Este relatório fornece diretrizes detalhadas para incorporar considerações de fatores humanos no *design* e operação

de instalações *offshore*, reconhecendo a importância de abordar as interações humanas como parte integrante do processo de gerenciamento de segurança.

A *American Petroleum Institute* (API) desenvolve normas e diretrizes técnicas para a indústria de petróleo e gás. As normas da API são amplamente reconhecidas e utilizadas globalmente, abrangendo uma vasta gama de aspectos técnicos e operacionais, desde a construção de equipamentos até a gestão de segurança (API, 2019). A API promove a segurança e a eficiência nas operações através de uma abordagem colaborativa com a indústria.

A integração de normas e regulamentos nacionais e internacionais é essencial para garantir a segurança e a sustentabilidade das operações *offshore*. A análise comparativa das regulamentações permite identificar melhores práticas e adaptar normas locais para enfrentar os desafios específicos das operações em cada região. A colaboração internacional também facilita a troca de conhecimentos e experiências, promovendo um ambiente de melhoria contínua na gestão de riscos e na segurança operacional.

Os aspectos legais e regulatórios da exploração e produção de petróleo e gás *offshore* são complexos e multifacetados, refletindo a necessidade de um gerenciamento rigoroso dos riscos associados a essas operações. No Brasil, a ANP desempenha um papel central na regulação do setor, complementada por normas específicas como a NR-37. Internacionalmente, a diversidade de abordagens regulatórias, desde a NORSOK na Noruega até a SEMS nos Estados Unidos e a NOPSEMA na Austrália, destaca a importância de adaptar as melhores práticas globais ao contexto local.

Para garantir a segurança e a eficiência das operações *offshore*, é fundamental que as empresas adotem uma abordagem integrada de gestão de riscos, que inclua a identificação e mitigação de fatores humanos. A adoção de sistemas de gestão robustos, conforme exigido por regulamentações como o SGSO da ANP e a ISO 45001, é crucial para a criação de um ambiente seguro e resiliente.

2.1 Legislação brasileira aplicada à exploração e produção de petróleo

No Brasil, a exploração de petróleo no Brasil é regulamentada por um conjunto complexo de normas e leis que visam garantir a segurança, eficiência, sustentabilidade ambiental e benefícios econômicos. Esses regulamentos abrangem

desde a concessão de direitos de exploração e produção, passando por aspectos ambientais e trabalhistas, até a regulação de aspectos econômicos e de conteúdo local. Ao se detalhar a legislação brasileira existente sobre a exploração de petróleo, é possível dar um foco especial na análise crítica da inclusão (ou não) de fatores humanos em seu conteúdo.

A Constituição Federal de 1988 (CF/88) estabelece a base do ordenamento jurídico brasileiro e define que os recursos minerais, incluindo o petróleo, são propriedade da União. O artigo 20 dispõe que os recursos do subsolo pertencem à União, e o artigo 177 estabelece o monopólio da União sobre a pesquisa e a lavra das jazidas de petróleo e gás natural. A CF/88 consolidou a centralização do controle sobre os recursos minerais na União, facilitando a gestão integrada dos recursos. No entanto, essa centralização pode resultar em burocratização e lentidão nos processos de concessão. A Constituição não aborda diretamente os fatores humanos, deixando essa responsabilidade para legislações complementares.

A Lei nº 9.478/1997, conhecida como Lei do Petróleo, foi um marco regulatório que quebrou o monopólio da Petrobras, permitindo a participação de empresas privadas na exploração e produção de petróleo. Esta lei também criou a ANP, responsável pela regulação, contratação e fiscalização das atividades de exploração e produção. A abertura do mercado de petróleo brasileiro trouxe benefícios significativos, incluindo a atração de investimentos estrangeiros e o aumento da competição. No entanto, a transição gerou desafios, como a necessidade de fortalecer a capacidade regulatória da ANP e garantir que as empresas cumpram rigorosamente as normas de segurança e ambientais. A Lei do Petróleo não faz menção específica aos fatores humanos, o que é uma lacuna importante considerando a complexidade e os riscos inerentes à indústria.

A Lei nº 12.351/2010 instituiu o regime de partilha de produção para a exploração do pré-sal e de outras áreas estratégicas. Neste modelo, a União, representada pela Petrobras, participa diretamente da exploração e produção, recebendo uma parcela do óleo produzido. O regime de partilha visa assegurar que uma parcela significativa dos recursos do pré-sal beneficie diretamente a União. No entanto, a obrigatoriedade da participação da Petrobras pode limitar a competitividade e a atração de investimentos. Além disso, a complexidade do modelo de partilha pode dificultar a gestão dos contratos. A legislação novamente

não aborda os fatores humanos de forma explícita, o que pode resultar em desafios na gestão de recursos humanos e na garantia de segurança operacional.

A política de conteúdo local estabelece que uma porcentagem dos bens e serviços utilizados na exploração e produção de petróleo deve ser fornecida por empresas nacionais. A ANP é responsável por monitorar e garantir o cumprimento dessas exigências. Esta tem o objetivo de promover o desenvolvimento da indústria nacional, gerando empregos e incentivando a transferência de tecnologia. No entanto, a imposição de altos índices de conteúdo local pode elevar os custos dos projetos e reduzir a competitividade das empresas brasileiras no mercado global. A política de conteúdo local não inclui diretrizes específicas sobre fatores humanos, como qualificação de mão de obra ou condições de trabalho, o que poderia ser uma oportunidade para melhorar a gestão de recursos humanos na indústria.

Embora focado em recursos minerais de forma geral, o Código de Mineração (Decreto-Lei nº 227/1967 e Lei nº 13.540/2017) e suas alterações abrangem disposições relevantes para a exploração de petróleo, como a regulamentação da atividade minerária, direitos e deveres dos concessionários, e critérios de licenciamento ambiental. O Código de Mineração oferece uma estrutura sólida para a exploração de recursos naturais, mas as atualizações recentes destacam a necessidade de modernização e adaptação às melhores práticas internacionais. A falta de harmonização entre o código e outras legislações específicas do setor de petróleo pode criar ambiguidades e sobreposições regulatórias. Os fatores humanos não são abordados diretamente, o que representa uma lacuna importante, dado o impacto significativo dos fatores humanos na segurança e eficiência operacional.

As atividades de exploração e produção de petróleo estão sujeitas a rigorosas regulamentações ambientais, incluindo a Lei nº 6.938/1981 (Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA) e a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 01/1986, que estabelece critérios para a realização de Estudo de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA). A regulamentação ambiental no Brasil é robusta e visa minimizar os impactos das atividades petrolíferas sobre o meio ambiente. No entanto, a implementação efetiva dessas normas enfrenta desafios, como a capacidade limitada de fiscalização e monitoramento, além da necessidade de maior integração entre as agências ambientais e a ANP. As regulamentações ambientais não tratam diretamente dos

fatores humanos, mas a gestão adequada desses fatores é crucial para evitar acidentes ambientais.

As Normas da Autoridade Marítima (NORMAN) são um conjunto de regulamentações estabelecidas pela Marinha do Brasil para disciplinar e garantir a segurança da navegação, a salvaguarda da vida humana no mar e a prevenção da poluição ambiental por parte das embarcações. Estas normas são de vital importância para a operação de instalações marítimas produtoras de petróleo e gás, dado o ambiente desafiador e os altos riscos envolvidos nessas atividades. A Marinha do Brasil, por meio da Diretoria de Portos e Costas (DPC), é responsável pela elaboração, implementação e fiscalização das NORMAN. Estas normas abrangem uma vasta gama de aspectos relacionados às operações marítimas, incluindo a construção, manutenção e operação de embarcações e plataformas de petróleo, bem como os procedimentos de emergência e a gestão de riscos ambientais. A DPC atua para assegurar que as instalações marítimas estejam em conformidade com os padrões internacionais de segurança e prevenção de poluição, como os estabelecidos pela Organização Marítima Internacional (OMI). O papel da Marinha do Brasil nas instalações marítimas produtoras de petróleo é multifacetado. Além de fiscalizar a conformidade com as NORMAN, a Marinha realiza inspeções regulares para verificar a integridade estrutural das plataformas e a eficácia dos sistemas de segurança e de combate à poluição. Também é responsabilidade da Marinha coordenar e participar de operações de busca e salvamento em caso de acidentes marítimos, garantindo uma resposta rápida e eficiente para minimizar os danos humanos e ambientais. No entanto, a eficácia das NORMAN depende grandemente da capacidade da Marinha de realizar inspeções e fiscalizações regulares, bem como de atualizar as normas em resposta às novas tecnologias e práticas emergentes no setor.

A segurança operacional é regulada por diversas normas técnicas e regulamentações da ANP, como a Resolução ANP nº 43/2007 e a NT nº 10/2023, e a NR-37, do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) do Brasil.

A Resolução ANP nº 43/2007 estabelece requisitos para a gestão da segurança operacional e do meio ambiente nas atividades de exploração e produção de petróleo e gás, sendo a primeira regulamentação de segurança operacional instituída no Brasil. Este regulamento exige que as empresas adotem uma abordagem sistemática e integrada para gerenciar a segurança operacional,

incluindo a identificação de perigos, avaliação de riscos, implementação de controles e monitoramento contínuo. Os fatores humanos desempenham um papel crucial na eficácia do SGSO, pois o comportamento, a competência e a cultura de segurança dos trabalhadores são determinantes para o sucesso das práticas de segurança. O SGSO prioriza a manutenção controlada dos riscos associados à operação de exploração e produção *offshore*.

Conforme demonstrado no Quadro 1, as 17 práticas de gestão definidas pelo SGSO da ANP guardam semelhanças com as práticas estabelecidas por outros modelos de sistemas de gestão de segurança de processos. Isso é evidenciado pela comparação entre o SGSO e o modelo proposto pelo AIChE/CCPS, conhecido como *Risk Based Process Safety (RBPS)* (Almeida, 2015).

A convergência das práticas operacionais entre os diferentes modelos de sistemas de gestão de segurança de processos indica a existência de boas práticas comuns, internacionalmente reconhecidas, que são eficazes para garantir a segurança de processos em diversos setores industriais. O modelo RBPS da *Center for Chemical Process Safety (CCPS)* é amplamente reconhecido globalmente como um guia confiável para a gestão de riscos de processos em diferentes indústrias, ressaltando a eficácia e a relevância dessas práticas operacionais.

Quadro 1 - Comparação entre as práticas do SGSO (ANP, 2007) e o RBPS do CCPS

SGSO (ANP)	Risk Based Process Safety (RBPS) (CCPS-AIChE)
PG 1: Cultura de Segurança, Compromisso e Responsabilidade Gerencial	Process Safety Culture
PG 2: Envolvimento do Pessoal	Workforce Involvement
PG 3: Qualificação, Treinamento e Desempenho do Pessoal	Process Safety Competence Training and Performance Assurance
PG 4: Ambiente de Trabalho e Fatores Humanos	-
PG 5: Seleção, Controle e Gerenciamento de Contratadas	Contractor Management
PG 6: Monitoramento e Melhoria Contínua do Desempenho	Compliance with Standards, Measurement and Metrics, Management Review and Continuous Improvement
PG 7: Auditorias	Auditing
PG 8: Gestão da Informação e da Documentação	Process Knowledge Management
PG 9: Investigação de Incidentes	Incident Investigation
PG 10: Projeto, Construção, Instalação e Desativação	-
PG 11: Elementos Críticos de Segurança Operacional	-
PG 12: Identificação e Análise de Riscos	Hazard Identification and Risk Analysis
PG 13: Integridade Mecânica	Asset Integrity and Reliability
PG 14: Planejamento e Gerenciamento de Grandes Emergências	Emergency Management
PG 15: Procedimentos Operacionais	Operational Procedures
PG 16: Gerenciamento de Mudanças	Management of Change
PG 17: Práticas de Trabalho Seguro e Procedimentos de Controle em Atividades Especiais	Safe Work Practices

Fonte: Almeida (2015).

O regulamento é não prescritivo e baseado em desempenho, permitindo que as empresas demonstrem de forma flexível como cumprem os requisitos das 17 práticas de gestão recomendadas. Destas, as práticas 4 (Ambiente de Trabalho e Fatores Humanos), 7 (Auditorias), 10 (Projeto, Construção, Instalação e Montagem) e 12 (Identificação e Análise de Riscos) apresentam aspectos voltados à fatores humanos e possíveis impactos nas pessoas e na segurança das operações.

Os aspectos relacionados aos fatores humanos incluem:

SGSO: A resolução exige que as empresas implementem um SGSO que considere os fatores humanos em todas as fases das operações. Isso inclui a identificação de riscos, a avaliação de impactos e a implementação de medidas de controle que levem em conta os comportamentos e capacidades humanas. O SGSO deve ser integrado aos sistemas de gestão existentes da empresa e deve envolver a participação de todos os níveis hierárquicos, desde a alta administração até os operadores de campo.

Capacitação e Competência: A ANP estabelece que todos os profissionais envolvidos nas operações devem ser devidamente capacitados e competentes para suas funções. A capacitação deve incluir aspectos técnicos e não técnicos, como a gestão de situações de emergência e a comunicação eficaz. Além disso, a resolução exige que as empresas desenvolvam programas de treinamento contínuo para garantir que os trabalhadores estejam sempre atualizados com as melhores práticas de segurança e as tecnologias mais recentes.

Análise de Riscos: A resolução destaca a importância de uma análise de riscos abrangente que inclua a consideração de fatores humanos. As empresas devem adotar metodologias que integrem a análise de erros humanos e suas possíveis consequências nas operações. A análise de riscos deve considerar a interação entre humanos e sistemas automatizados, bem como o impacto de fatores como fadiga, estresse e carga de trabalho na performance dos trabalhadores. A resolução também exige que os resultados das análises de risco sejam usados para informar a tomada de decisões e a implementação de medidas de controle.

Monitoramento e Melhoria Contínua: A Resolução ANP nº 43/2007 exige que as empresas monitorem continuamente os indicadores de desempenho de segurança e implementem processos de melhoria contínua. Isso inclui a coleta e análise de dados sobre incidentes e quase-incidentes, a realização de auditorias internas e externas, e a revisão periódica dos processos de gestão de segurança

para identificar e corrigir deficiências. A participação dos trabalhadores no processo de monitoramento é fundamental para garantir que os problemas sejam identificados rapidamente e que as medidas corretivas sejam eficazes.

Embora o SGSO seja baseado em desempenho, algumas empresas podem sentir falta de orientações mais específicas sobre como atender aos requisitos. Maior flexibilidade na interpretação dos requisitos, linguagem mais acessível e exemplos práticos podem ser necessários para acomodar diferentes realidades operacionais. Outro ponto relevante a ser considerado é que o regulamento deve ser atualizado regularmente para incorporar novas tecnologias, práticas e lições aprendidas com incidentes. Uma abordagem mais dinâmica garantiria que o SGSO permaneça relevante e eficaz ao longo do tempo.

A NT nº 10, aprovada em janeiro de 2024 pela ANP, é um documento que se concentra na importância da Engenharia de Fatores Humanos na indústria de petróleo e gás, especialmente no que diz respeito à segurança do processo. Ela lista algumas das técnicas de análise de confiabilidade humana consideradas como melhores práticas da indústria, com o objetivo de reforçar junto às empresas que atuam na exploração e produção de petróleo e gás natural a importância de adotarem as melhores práticas internacionais, em especial às práticas de gestão 4, 7, 10 e 12 do Regulamento SGSO.

Um dos exemplos citados na NT são as normas de ergonomia, que estabelecem que as instalações reguladas devem ser projetadas e operadas de forma a estar adequadas às capacidades físicas e cognitivas dos trabalhadores que as utilizam. A adoção dessas normas pode minimizar possíveis acidentes de processo que poderiam ser evitados com ajustes simples de ergonomia, como manter a altura das válvulas compatível com a dos trabalhadores.

A abordagem da NT se baseia nas auditorias realizadas pela ANP, que identificaram a necessidade de reforçar a utilização dessas normas pela indústria nacional. O documento também apresenta as principais referências nacionais e internacionais sobre o tema, destacando a correlação entre elas e os requisitos existentes no regulamento técnico do SGSO, anexo à Resolução ANP nº 43/2007.

A NT aborda a análise de confiabilidade humana, que possibilita a avaliação dos fatores humanos em análises de risco de tarefas, principalmente as que envolvem interações humano-máquina. O objetivo é prever como o contexto de trabalho pode impactar o desempenho dos trabalhadores.

A NT também detalha a análise de confiabilidade humana, que permite a correção de erros de projeto e nos procedimentos, como forma de evitar acidentes. Trata-se de um requisito a ser cumprido pelas empresas reguladas pela ANP, verificado pela Agência na fiscalização de instalações *onshore* e *offshore* de produção e perfuração.

Desde 2007, os operadores de contrato de exploração e produção de petróleo e gás são obrigados a estar adequados a esse regulamento, que é focado na segurança operacional. As referências abrangem os pontos nos quais a ergonomia pode interferir na segurança do processo, desde normas sobre interfaces humanas-máquinas (HMI) até referências ao cálculo da quantidade mínima de trabalhadores para a operação segura de uma instalação, passando pela metodologia mais adequada para análise de risco de tarefas.

O objetivo desta NT é servir de guia para a interpretação dos itens 4.2.1, 4.2.1.1, 4.2.1.2, 7.3.2, 10.3.b e 12.3.e do regulamento técnico do SGSO, anexo à Resolução ANP nº 43/2007, sendo de suma importância para os operadores de instalações de exploração e produção de petróleo. Algumas das técnicas de análise de confiabilidade humana consideradas melhores práticas da indústria de óleo e gás citadas na NT, como *Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART), *Human Error Assessment and Reduction Technique Plus* (HEART+), *Petroleum Human Reliability Analysis* (PETRO-HRA) (gratuito), *Standardized Plant Analysis Risk-Human Reliability Analysis* (SPAR-H) (gratuito), *Technique for Human Error Rate Prediction* (THERP) (gratuito) e *Cognitive Reliability and Error Analysis Method* (CREAM) ainda são pouco conhecidas e utilizadas pelas Operadoras de Contrato e das Instalações, o que deverá demandar tempo e recursos até a ampla utilização destas técnicas.

O Regulamento Técnico do SGSO não é prescritivo e, conforme descrito na NT, os operadores de contrato e instalação não estão limitados a seu conteúdo, podendo adotar outras práticas que entendam como necessárias para manter suas instalações seguras (ANP, 2023).

Não há no texto desta NT prazo definido para a adequação dos Operadores de Contrato e Instalação.

A NR-37 é a principal norma regulamentadora brasileira que estabelece requisitos de segurança e saúde no trabalho em plataformas de petróleo. Publicada pelo Ministério do Trabalho, a NR-37 abrange diversos aspectos, incluindo fatores

humanos. Os principais pontos da NR-37 relacionados aos fatores humanos incluem:

Treinamento e Capacitação: A NR-37 exige que todos os trabalhadores de plataformas de petróleo recebam treinamento específico para suas funções, incluindo procedimentos de emergência e uso de equipamentos de segurança. Este treinamento deve ser contínuo, com reciclagens periódicas para garantir que os trabalhadores mantenham suas habilidades atualizadas. O treinamento abrange não apenas as habilidades técnicas necessárias para operar os equipamentos e realizar tarefas específicas, mas também aspectos de segurança comportamental e procedimentos de resposta a emergências.

Gestão de Riscos: A norma estabelece que as empresas devem realizar avaliações de riscos abrangentes que considerem os fatores humanos. Isso inclui a análise de falhas potenciais, erros humanos e a implementação de medidas de controle para mitigar esses riscos. As avaliações de riscos devem ser documentadas e revisadas periodicamente para garantir que novas ameaças sejam identificadas e controladas de maneira eficaz. A análise de riscos deve incluir a consideração de condições de trabalho estressantes, fadiga, carga de trabalho e outros fatores que possam impactar negativamente o desempenho humano.

Cultura de Segurança: A NR-37 enfatiza a importância de promover uma cultura de segurança robusta, onde todos os trabalhadores são encorajados a relatar riscos e incidentes sem medo de retaliação. A liderança deve estar comprometida com a segurança e deve promover práticas que reforcem a importância da segurança no local de trabalho. Isso inclui a comunicação aberta sobre questões de segurança, a implementação de sistemas de reporte de incidentes e quase-incidentes, e a realização de auditorias de segurança regulares para identificar e corrigir deficiências.

Ergonomia: A norma também aborda a ergonomia, exigindo que as condições de trabalho sejam projetadas para minimizar o esforço físico e mental dos trabalhadores. Isso inclui o *design* de postos de trabalho, equipamentos e a organização das tarefas de forma a reduzir a fadiga e o estresse. A ergonomia visa garantir que os trabalhadores possam desempenhar suas funções de maneira eficiente e segura, reduzindo o risco de lesões e aumentando a produtividade. A norma também incentiva a realização de avaliações ergonômicas periódicas para

identificar e corrigir problemas que possam surgir com mudanças nos processos ou nas condições de trabalho.

A regulamentação de segurança operacional é fundamental para prevenir acidentes e proteger os trabalhadores. As normas regulamentadoras brasileiras são abrangentes, mas a eficácia depende da rigorosa aplicação e fiscalização. A NR-37, por exemplo, estabelece requisitos detalhados, mas sua implementação pode ser desafiadora para empresas menores ou com menos recursos. A inclusão de fatores humanos, como treinamentos, procedimentos operacionais padronizados e gestão de fadiga, é essencial para garantir a segurança operacional, mas essa inclusão ainda é insuficiente na legislação existente.

Regime Fiscal e Tributário: O regime fiscal aplicável à exploração de petróleo inclui uma variedade de impostos, royalties e participações especiais. A Lei nº 12.734/2012, por exemplo, define a distribuição dos royalties do petróleo entre União, estados e municípios.

O regime fiscal brasileiro visa garantir que a exploração de petróleo gere receitas significativas para o governo e beneficie as comunidades locais. No entanto, a complexidade e a carga tributária elevada podem desincentivar investimentos. Há um debate contínuo sobre a necessidade de reformas para tornar o regime mais competitivo. A legislação fiscal não aborda diretamente os fatores humanos, mas a alocação eficiente de receitas pode impactar investimentos em treinamento e desenvolvimento de pessoal na indústria.

Participação Social e Transparência: A legislação brasileira prevê mecanismos de participação social e transparência nas atividades de exploração de petróleo, como audiências públicas para a discussão de projetos e a divulgação de informações pela ANP.

A participação social é crucial para a legitimidade das operações de petróleo e gás. No entanto, a eficácia desses mecanismos depende da real capacidade de influência da sociedade civil e da transparência das informações divulgadas pelas empresas e agências reguladoras. A legislação poderia ser aprimorada para incluir mecanismos mais robustos de envolvimento das comunidades afetadas e dos trabalhadores, considerando os fatores humanos e seu impacto na segurança e na eficiência das operações.

Concessão e Licenciamento: A concessão de direitos de exploração e produção é realizada através de leilões organizados pela ANP, seguindo regras

estabelecidas na Lei do Petróleo e na Lei de Partilha de Produção. O licenciamento ambiental é um processo separado, mas essencial, que envolve várias etapas e requisitos.

O processo de concessão e licenciamento no Brasil é bem-estruturado, mas pode ser demorado e burocrático. A necessidade de múltiplas aprovações de diferentes órgãos pode criar ineficiências. Reformas que integrem melhor os processos de concessão e licenciamento ambiental poderiam melhorar a eficiência sem comprometer a rigorosidade. A inclusão de fatores humanos, como a avaliação da capacidade técnica e da qualificação dos trabalhadores, poderia ser um aspecto adicional a ser considerado nos processos de concessão.

2.2 Normas e regulamentos internacionais aplicáveis à exploração de petróleo e gás

As *NORSOK Standards* são um conjunto de normas desenvolvidas pela indústria de petróleo e gás norueguesa para garantir operações seguras e eficientes. Elas cobrem diversos aspectos, incluindo fatores humanos:

NORSOK Standard S-002: Working Environment: Esta norma aborda o ambiente de trabalho, destacando a importância da ergonomia e do *design* do posto de trabalho para reduzir a fadiga e os erros humanos. A norma exige que os postos de trabalho sejam projetados levando em consideração as capacidades e limitações dos trabalhadores. A *NORSOK S-002* também sugere a realização de avaliações ergonômicas regulares para identificar e corrigir problemas que possam surgir com mudanças nos processos ou nas condições de trabalho.

NORSOK Standard Z-013: Risk and Emergency Preparedness Analysis: Esta norma detalha os requisitos para análises de risco e preparação para emergências, incluindo a consideração de fatores humanos. As empresas devem realizar avaliações abrangentes de riscos que incluam a análise de erros humanos e suas possíveis consequências. A *NORSOK Z-013* também exige que os planos de resposta a emergências sejam testados regularmente por meio de exercícios de simulação e que sejam revisados e atualizados com base nos resultados desses testes.

As *NORSOK Standards* enfatizam a importância de treinamentos contínuos e específicos para cada função. As normas sugerem a utilização de tecnologias

avançadas, como simuladores, para o treinamento de trabalhadores em situações de emergência e operação de equipamentos complexos. A capacitação deve abranger tanto as habilidades técnicas quanto as habilidades não técnicas, como a comunicação e o trabalho em equipe.

A **Offshore Major Accident Reporting (OMAR)** do Reino Unido estabelece requisitos rigorosos para a prevenção de acidentes graves na indústria de petróleo e gás *offshore*. Os principais aspectos legais relacionados a fatores humanos incluem: a avaliação de riscos, a capacitação e competência, o gerenciamento de emergências e a cultura de segurança. A OMAR exige a realização de avaliações detalhadas de riscos de fatores humanos como parte da gestão de riscos; inclui a identificação de possíveis erros humanos e suas consequências. A legislação exige que todos os trabalhadores *offshore* sejam devidamente treinados e competentes para suas funções, e enfatiza a necessidade de programas de treinamento contínuo e avaliação de competências. A OMAR inclui requisitos específicos para o gerenciamento de emergências, garantindo que os trabalhadores estejam preparados para responder a incidentes, e envolve treinamentos regulares e exercícios de simulação. A regulamentação promove o desenvolvimento de uma cultura de segurança, incentivando a comunicação aberta e a participação dos trabalhadores na identificação e mitigação de riscos.

O **BSEE** regula a segurança e proteção ambiental nas operações de petróleo e gás *offshore* nos Estados Unidos. Os principais aspectos legais relacionados a fatores humanos incluem: o SEMS, capacitação e treinamento, o relato e investigação de incidentes, e as auditorias e inspeções. O BSEE exige que as empresas implementem um SEMS, que inclui elementos específicos de fatores humanos. O sistema deve abordar a identificação de riscos, treinamento de trabalhadores e gestão de mudanças. A BSEE enfatiza a necessidade de treinamento adequado e contínuo para todos os trabalhadores *offshore* e inclui a certificação e revalidação periódica das competências dos trabalhadores. A regulamentação exige o relato detalhado de incidentes e quase-acidentes, com foco na identificação de falhas humanas e institucionais, e inclui a análise de causas raízes e a implementação de medidas corretivas. O BSEE realiza auditorias e inspeções regulares para garantir a conformidade com as regulamentações de segurança, e inclui a avaliação da eficácia dos programas de fatores humanos.

A **NOPSEMA** regula a segurança e proteção ambiental nas operações *offshore* na Austrália. Os principais aspectos legais relacionados a fatores humanos incluem: *Safety Case Regime*, capacitação e competência, gestão de riscos e a participação dos trabalhadores. A NOPSEMA exige que as empresas desenvolvam e mantenham um "Safety Case" que inclui a análise de fatores humanos. O documento deve identificar os principais riscos e descrever as medidas de controle implementadas. A regulamentação exige que todos os trabalhadores sejam competentes e adequadamente treinados para suas funções. Há uma ênfase na formação contínua e no desenvolvimento de competências. A NOPSEMA requer a implementação de um sistema robusto de gestão de riscos que inclua a avaliação de fatores humanos. O sistema deve ser capaz de identificar, avaliar e mitigar os riscos associados ao comportamento humano. A autoridade promove a participação ativa dos trabalhadores em questões de segurança, incentivando a comunicação e o reporte de riscos. Encoraja uma abordagem colaborativa para a gestão da segurança.

A **OSHA** dos Estados Unidos estabelece várias regulamentações que afetam a segurança na indústria de petróleo e gás. Alguns regulamentos-chave incluem: *PSM Standard* (29 CFR 1910.119); *Hazard Communication Standard* (29 CFR 1910.1200); Occupational Safety and Health Standards (29 CFR 1910); *Emergency Action Plans* (29 CFR 1910.38); ISO 14224; ISO 45001:2018; *API Recommended Practice 75*; IOGP; e HSE UK.

A norma ***PSM Standard (29 CFR 1910.119)*** estabelece requisitos para a gestão da segurança de processos que envolvem substâncias perigosas. Ela inclui a exigência de análise de risco de processos, em que os fatores humanos devem ser considerados para identificar e mitigar riscos. A PSM exige que as empresas implementem programas abrangentes de gestão de segurança, que incluam a participação ativa dos trabalhadores, a análise de processos, a gestão de mudanças e a investigação de incidentes.

A ***Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200)*** exige que as empresas comuniquem efetivamente os perigos associados aos produtos químicos utilizados nas operações. A comunicação clara e a formação adequada dos trabalhadores são fundamentais para minimizar os riscos associados a erros humanos. A norma estabelece requisitos para a rotulagem de produtos químicos, a elaboração de Fichas de Dados de Segurança (FDS) e a implementação de

programas de treinamento para garantir que os trabalhadores compreendam os riscos e saibam como se proteger.

A **Occupational Safety and Health Standards (OSHA) (29 CFR 1910)** também estabelece padrões gerais de segurança e saúde ocupacional que são aplicáveis à indústria de petróleo e gás. Esses padrões incluem requisitos para a proteção contra riscos físicos, químicos e biológicos, bem como para a implementação de programas de ergonomia e prevenção de lesões por esforços repetitivos. A OSHA exige que as empresas realizem avaliações de risco abrangentes e implementem medidas de controle para proteger a saúde e segurança dos trabalhadores.

A OSHA exige que as empresas desenvolvam e implementem planos de ação de emergência (**Emergency Action Plans (29 CFR 1910.38)**). Esses planos devem incluir procedimentos detalhados para evacuações, resposta a emergências médicas e comunicação durante incidentes. A OSHA destaca a importância de treinar os trabalhadores nos procedimentos de emergência e realizar exercícios regulares para garantir que todos saibam como agir em caso de emergência.

A **ISO 14224**, "*Petroleum, petrochemical and natural gas industries - Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment*" é uma norma internacional que fornece diretrizes para a coleta e troca de dados de confiabilidade e manutenção em equipamentos. Esta norma é fundamental para a compreensão dos fatores humanos e erros humanos na indústria de petróleo e gás, pois estabelece uma base para a análise de dados que pode revelar tendências e padrões relacionados a falhas operacionais e comportamentais. A ISO 14224 enfatiza a importância de coletar dados detalhados sobre falhas de equipamentos e incidentes operacionais, que incluem informações sobre os fatores humanos envolvidos. A norma detalha os tipos de dados que devem ser coletados, como causa raiz da falha, circunstâncias do incidente e fatores contribuintes, incluindo aspectos humanos. A análise de dados sob a ISO 14224 permite identificar padrões e tendências que podem ser atribuídos a fatores humanos, fornecendo uma base para intervenções direcionadas. A norma recomenda métodos de análise que podem destacar a influência dos fatores humanos na confiabilidade e manutenção de equipamentos, como análises de causa raiz e estudos de confiabilidade humana. A ISO 14224 pode ser integrada a sistemas de gestão de segurança operacional, como o SGSO da ANP, para fornecer uma visão abrangente dos riscos e

oportunidades de melhoria relacionados aos fatores humanos. A integração de dados de confiabilidade e manutenção com práticas de gestão de segurança permite uma abordagem holística para a prevenção de erros humanos.

A **ISO 45001:2018** é uma norma internacional que especifica requisitos para um sistema de gestão de Saúde e Segurança Ocupacional (SSO). Embora não seja exclusiva para a indústria de petróleo e gás, ela é amplamente aplicada neste setor. Os principais aspectos relacionados aos fatores humanos incluem: participação dos trabalhadores; competência, treinamento e conscientização; planejamento de ações preventivas; monitoramento e avaliação de desempenho. A ISO 45001 enfatiza a importância da participação ativa dos trabalhadores no desenvolvimento e implementação do sistema de gestão de SSO. Isso inclui a consulta e participação em avaliações de risco e no desenvolvimento de políticas de segurança. A norma encoraja a criação de comitês de segurança e a realização de reuniões regulares com os trabalhadores para discutir questões de segurança e buscar soluções colaborativas. A norma exige que a organização assegure que todos os trabalhadores sejam competentes para realizar suas tarefas com segurança. Isso envolve a realização de treinamentos contínuos e a promoção da conscientização sobre os riscos e as medidas de controle. A ISO 45001 também destaca a importância de avaliar a eficácia dos programas de treinamento e de ajustar o conteúdo dos treinamentos com base nas necessidades e feedback dos trabalhadores. A ISO 45001 requer que as organizações planejem e implementem ações para abordar riscos e oportunidades, considerando os fatores humanos. Isso inclui a identificação de situações que possam levar a erros humanos e a implementação de medidas preventivas. A norma também enfatiza a importância de desenvolver e testar planos de resposta a emergências, garantindo que todos os trabalhadores saibam como agir em caso de incidente. A norma estabelece requisitos para o monitoramento e avaliação contínua do desempenho de SSO. Isso inclui a coleta de dados sobre incidentes, quase-incidentes e condições de trabalho, bem como a análise desses dados para identificar tendências e áreas de melhoria. A ISO 45001 encoraja a implementação de sistemas de gestão que permitam a avaliação contínua e a melhoria dos processos de segurança.

API Recommended Practice 75, publicada pelo API, fornece orientação para o desenvolvimento de sistemas de gestão de segurança para operações de petróleo e gás *offshore*. Os aspectos relacionados aos fatores humanos incluem: treinamento

e qualificação; gestão de mudanças; análise de riscos e controle de processos; e comunicação e cultura de segurança. A API RP 75 destaca a importância de programas de treinamento robustos que garantam que todos os trabalhadores sejam qualificados e competentes para suas funções. Isso inclui treinamentos iniciais e contínuos, bem como avaliações regulares de desempenho. A norma também recomenda o uso de simuladores e outros métodos de treinamento práticos para garantir que os trabalhadores estejam preparados para situações de emergência reais. A norma enfatiza a necessidade de procedimentos formais para a gestão de mudanças, considerando os impactos das mudanças nos fatores humanos. Isso inclui a avaliação de como alterações nos processos, equipamentos ou pessoal podem afetar a segurança operacional. A API RP 75 exige que todas as mudanças sejam cuidadosamente planejadas, documentadas e comunicadas aos trabalhadores, e que sejam realizadas avaliações de risco para identificar e mitigar possíveis impactos negativos. Recomenda a implementação de análises de riscos abrangentes que considerem os fatores humanos. As empresas devem identificar e avaliar riscos associados ao comportamento humano e implementar controles apropriados para mitigar esses riscos. A norma também sugere o uso de metodologias como Análise de Modos de Falha e Efeitos, em inglês: *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) e PSA para identificar e avaliar riscos. Destaca a importância de uma comunicação eficaz e de uma cultura de segurança robusta. As empresas devem implementar sistemas de comunicação que permitam o reporte rápido e eficiente de incidentes e quase-incidentes, e promover uma cultura onde a segurança seja uma prioridade para todos os trabalhadores. A liderança deve demonstrar um compromisso visível com a segurança e incentivar a participação ativa dos trabalhadores em iniciativas de segurança.

A **IOGP** é uma organização global que representa a indústria de exploração e produção de petróleo e gás, fundada em 1974. A IOGP desempenha um papel fundamental na definição de normas e práticas recomendadas para a indústria, promovendo segurança, eficiência e sustentabilidade. Com mais de 80 membros, incluindo as maiores empresas de petróleo e gás do mundo, bem como associações regionais e nacionais, a IOGP é uma entidade crucial para o setor.

A IOGP é essencial para a indústria de petróleo e gás por várias razões. Ela desenvolve e promove normas e práticas recomendadas para melhorar a segurança e a eficiência das operações em todo o mundo. Essas normas são frequentemente

adotadas por reguladores e operadores como benchmarks para operações seguras e eficientes. A IOGP facilita a troca de informações e melhores práticas entre seus membros, promovendo a melhoria contínua das operações e a inovação tecnológica. Além disso, a organização representa os interesses da indústria perante governos e outras partes interessadas, influenciando políticas públicas e regulamentações que afetam o setor. A IOGP também trabalha para minimizar os impactos ambientais das operações de petróleo e gás, promovendo práticas sustentáveis e o uso eficiente de recursos.

A abordagem da IOGP sobre fatores humanos é significativa, reconhecendo que a interação entre pessoas, tecnologias e sistemas é crucial para a segurança e eficiência operacional. A IOGP publica diretrizes e ferramentas que ajudam as empresas a integrar considerações de fatores humanos em todas as fases de suas operações, desde o projeto até a execução. A organização promove o treinamento e a capacitação dos trabalhadores para garantir que eles estejam preparados para lidar com os desafios operacionais de maneira segura e eficaz. Além disso, a IOGP enfatiza a importância do *design* ergonômico de instalações e equipamentos para minimizar os riscos de acidentes e melhorar o desempenho dos trabalhadores. A criação de uma cultura de segurança é incentivada, onde todos os níveis da organização estão comprometidos com a prevenção de acidentes e a promoção de práticas seguras.

O **Report 454**, intitulado "*Human Factors Engineering in Projects*", é um documento importante publicado pela IOGP que oferece diretrizes detalhadas sobre como integrar engenharia de fatores humanos em projetos de petróleo e gás. Este relatório fornece uma estrutura para a incorporação de fatores humanos desde as fases iniciais de planejamento e *design* até a operação e manutenção. Ele apresenta metodologias e ferramentas específicas para a avaliação e mitigação de riscos relacionados a fatores humanos, incluindo análises de tarefas, avaliações ergonômicas e simulações de desempenho humano.

O relatório começa por abordar a definição de fatores humanos e sua relevância nos projetos industriais. Destaca que os fatores humanos englobam aspectos como capacidades físicas e cognitivas, habilidades, limitações, interações sociais e fatores ambientais que influenciam o desempenho humano em ambientes de trabalho. A compreensão desses fatores é fundamental para projetar sistemas,

equipamentos e ambientes de trabalho que sejam seguros e eficientes para os operadores.

Uma parte significativa do relatório é dedicada à explicação dos princípios da engenharia de fatores humanos e como eles podem ser aplicados em projetos industriais. Isso inclui a análise das tarefas e demandas cognitivas dos operadores, o *design* de interfaces homem-máquina, a ergonomia do posto de trabalho, a gestão da fadiga e do estresse, entre outros aspectos. O relatório destaca a importância de integrar a engenharia de fatores humanos desde as fases iniciais de um projeto, garantindo que as necessidades e capacidades dos operadores sejam consideradas em todas as etapas do processo de *design*.

Além disso, o relatório também discute a importância da comunicação e do trabalho em equipe no contexto dos fatores humanos. Ele destaca a necessidade de estabelecer canais de comunicação eficazes entre os operadores e os responsáveis pelo projeto, bem como a importância de promover uma cultura de segurança e colaboração dentro da equipe de trabalho.

Outro aspecto relevante abordado no relatório é a avaliação de riscos relacionados aos fatores humanos. Isso inclui a identificação de potenciais fontes de erro humano, a avaliação de sua probabilidade de ocorrência e gravidade das consequências, e a implementação de medidas para mitigar esses riscos. O relatório destaca que a avaliação de riscos deve ser contínua ao longo do ciclo de vida do projeto, de modo a garantir que as medidas de segurança sejam atualizadas conforme necessário.

A **HSE** do Reino Unido é a autoridade nacional responsável pela regulamentação e fiscalização da saúde e segurança no trabalho. Fundada em 1974, a HSE desempenha um papel crucial na definição e aplicação de normas de segurança em diversos setores, incluindo o de petróleo e gás. A HSE trabalha para prevenir acidentes de trabalho, doenças ocupacionais e promover um ambiente de trabalho seguro e saudável. A HSE é amplamente reconhecida pela sua expertise e rigor na implementação de regulamentos de segurança, servindo como um modelo para muitas outras jurisdições ao redor do mundo.

A importância da HSE para o setor de petróleo e gás é imensa. Este setor é intrinsecamente perigoso, com riscos significativos associados à extração, processamento e transporte de petróleo e gás. A HSE estabelece normas rigorosas de segurança que as empresas devem seguir para proteger seus trabalhadores, o

meio ambiente e a sociedade em geral. Essas normas cobrem uma ampla gama de aspectos, desde o *design* e a construção de instalações até as operações diárias e os procedimentos de emergência. A HSE realiza inspeções regulares, investigações de incidentes e auditorias para garantir que as empresas estejam em conformidade com os requisitos legais. Além disso, a HSE oferece orientação e suporte técnico para ajudar as empresas a compreender e implementar as melhores práticas de segurança.

A abordagem da HSE UK sobre fatores humanos é fundamental para sua estratégia de segurança. A HSE UK reconhece que os fatores humanos desempenham um papel crítico na prevenção de acidentes e na promoção de um ambiente de trabalho seguro. A organização desenvolve diretrizes e práticas recomendadas para ajudar as empresas a gerenciar os riscos associados aos fatores humanos. Isso inclui o *design* ergonômico de instalações e equipamentos, a implementação de sistemas de trabalho seguros, e a promoção de uma cultura de segurança onde todos os trabalhadores estejam conscientes dos riscos e das medidas preventivas.

Um dos documentos mais importantes da HSE UK sobre fatores humanos é o *Health and Safety Guidance (HSG) 48*, intitulado "*Reducing Error and Influencing Behaviour*". Este guia fornece uma visão abrangente sobre como os fatores humanos podem afetar a segurança no trabalho e oferece estratégias práticas para gerenciar esses riscos. O HSG 48 destaca a importância de compreender as causas dos erros humanos e de influenciar positivamente o comportamento dos trabalhadores. Ele aborda temas como a concepção de sistemas e processos que minimizam a probabilidade de erro, a importância do treinamento e da educação contínua, e a necessidade de um ambiente de trabalho que apoie comportamentos seguros. O documento também fornece exemplos de boas práticas e estudos de caso que ilustram como as empresas podem implementar essas estratégias de maneira eficaz.

A HSE UK também promove a integração de fatores humanos em todas as fases do ciclo de vida das operações de petróleo e gás, desde o planejamento e *design* até a operação e a manutenção. Isso envolve a consideração de aspectos como a interface homem-máquina, o *design* ergonômico dos postos de trabalho e a análise de tarefas para identificar e mitigar riscos potenciais. A HSE UK enfatiza a importância de uma abordagem holística, onde os fatores humanos são

considerados de forma integrada com outras disciplinas de engenharia e gestão de segurança (HSE, 2023)

2.3 Análise comparativa dos aspectos legais e regulatórios envolvendo fatores humanos na indústria de petróleo e gás

A análise dos aspectos legais de fatores humanos na indústria de petróleo e gás é fundamental para entender como diferentes regulamentações internacionais abordam a segurança e a eficácia das operações *offshore*. Este estudo comparativo detalha as principais normas e regulamentos, como a NR-37 e o SGSO da ANP no Brasil, a legislação NORSOK na Noruega, a OMAR UK, as diretrizes da BSEE e OSHA nos Estados Unidos, a NOPSEMA na Austrália, a HSE UK, a IOGP, a ISO 14224, a ISO 45001 e as normas da API.

Ao comparar as diferentes regulamentações, observa-se que há uma ênfase comum em aspectos como capacitação e treinamento, gestão de riscos, e a participação dos trabalhadores. No entanto, existem diferenças significativas na abordagem e na profundidade com que cada regulamentação aborda os fatores humanos.

A seguir, será apresentada uma análise detalhada das abordagens de cada uma dessas regulamentações em relação aos fatores humanos.

Em termos de capacitação e treinamento, todas essas regulamentações e normas reconhecem a importância dos fatores humanos na promoção da segurança e eficiência das operações *offshore*. No entanto, a abordagem e o nível de rigor variam. A NORSOK, por exemplo, é conhecida por seu detalhamento e rigor, exigindo programas de treinamento abrangentes que incluem simulações práticas. A HSE UK e a BSEE também adotam abordagens rigorosas, com um foco intenso na prevenção de erros humanos através de programas de capacitação contínuos e detalhados. A NR-37 e o SGSO da ANP no Brasil são mais focados na adaptação das capacidades físicas e cognitivas dos trabalhadores, destacando a importância do treinamento contínuo e da conscientização dos riscos operacionais.

A ergonomia é um componente crítico em todas as regulamentações, com foco na redução de lesões por esforço repetitivo e na melhoria do conforto e eficiência operacional dos trabalhadores. NORSOK, ISO 14224 e API têm diretrizes detalhadas para o *design* ergonômico de equipamentos e instalações.

A gestão de riscos é um componente central em todas as regulamentações, mas a abordagem A NORSOK exige uma integração abrangente da ergonomia em todas as fases do ciclo de vida das instalações. A HSE UK e a BSEE também adotam abordagens rigorosas, com um foco intenso na prevenção de erros humanos através de avaliações ergonômicas detalhadas e treinamento contínuo. A NR-37 e o SGSO da ANP no Brasil são mais focados na adaptação das capacidades físicas e cognitivas dos trabalhadores, destacando a importância de ajustar as condições de trabalho para minimizar os riscos de acidentes.

Incentivar a participação dos trabalhadores na identificação de riscos e na implementação de medidas de controle é um aspecto importante em todas as regulamentações. A NR-37, OMAR, OSHA e ISO 45001 destacam a importância da comunicação aberta e da colaboração entre a gerência e os trabalhadores.

A promoção de uma cultura de segurança robusta é um tema comum em todas as regulamentações. As abordagens variam, mas todas enfatizam a importância de uma cultura organizacional que valorize a segurança e o bem-estar dos trabalhadores.

A NORSOK e a OMAR UK apresentam abordagens robustas e integradas. A BSEE e a NOPSEMA também incentivam uma cultura de segurança, mas com foco maior na conformidade regulatória.

A NR-37, do Brasil, e o Regulamento SGSO da ANP estabelecem requisitos específicos para auditorias e inspeções, exigindo a realização regular dessas atividades para avaliar a conformidade com os requisitos de segurança e saúde no trabalho. Ambos os regulamentos também enfatizam a importância da elaboração de planos de ação para corrigir não conformidades identificadas durante as auditorias e inspeções.

A legislação NORSOK, da Noruega, e a OMAR UK, do Reino Unido, adotam uma abordagem semelhante, estabelecendo critérios rigorosos para a realização de auditorias e inspeções, com foco na conformidade com os requisitos de segurança e saúde no trabalho. Ambas também enfatizam a importância da seleção e qualificação adequadas dos auditores e inspetores.

Nos Estados Unidos, a BSEE e a OSHA têm abordagens distintas. A BSEE realiza auditorias regulares para avaliar o desempenho das operadoras em relação aos requisitos de segurança, enquanto a OSHA conduz inspeções programadas e

não programadas para verificar as condições de segurança. Ambas enfatizam a importância da conformidade com os requisitos de segurança.

A HSE UK, do Reino Unido, e a NOPSEMA, da Austrália, priorizam as auditorias e inspeções com base no risco percebido, concentrando-se nas áreas de maior risco para garantir a segurança dos trabalhadores e a integridade das operações. Ambas enfatizam a importância da comunicação eficaz e da participação dos trabalhadores na identificação e prevenção de riscos.

A IOGP e as normas ISO 14244 e ISO 45001 fornecem diretrizes e práticas recomendadas para a realização de auditorias e inspeções, destacando a importância da liderança e do comprometimento da alta administração, da seleção e qualificação adequadas dos auditores e inspetores, e da realização de auditorias regulares para garantir a conformidade com os requisitos de segurança e saúde no trabalho.

A API desenvolve normas e práticas recomendadas que promovem a realização de auditorias e inspeções eficazes, enfatizando a importância da seleção e qualificação adequadas dos auditores e inspetores, e da elaboração de planos de ação para corrigir não conformidades identificadas durante as auditorias e inspeções.

A análise criteriosa de todas as Normas, leis e regulamentos nacionais e internacionais acerca da exploração de petróleo e gás e Fatores Humanos evidenciou que, embora cada regulamentação tenha suas particularidades e enfoques específicos, todas compartilham um compromisso comum com a segurança, saúde e bem-estar dos trabalhadores. A integração de fatores humanos nas práticas de segurança operacional é essencial para reduzir riscos e melhorar a eficiência na indústria de petróleo e gás. Essas regulamentações fornecem uma estrutura abrangente para assegurar que os trabalhadores estejam devidamente treinados, os riscos sejam gerenciados de forma eficaz, e uma cultura de segurança robusta seja promovida em todas as operações.

2.4 Identificação das principais lacunas legais na legislação brasileira e regulamentos da atividade de exploração e produção de petróleo e gás e seus possíveis impactos

A indústria de petróleo e gás é uma das mais complexas e arriscadas do mundo, exigindo uma regulamentação rigorosa para garantir a segurança operacional, a saúde dos trabalhadores e a proteção ambiental. No Brasil, a regulamentação desta indústria é abrangente, mas ainda apresenta lacunas significativas que podem comprometer a eficácia das normas vigentes. Este texto analisa detalhadamente essas lacunas, com foco na integração e harmonização das normas, fatores humanos e ergonomia, gestão de riscos e auditorias, cultura de segurança, responsabilidade da alta administração, atualização tecnológica, participação dos trabalhadores e proteção ambiental, fundamentando-se em literatura acadêmica e regulamentações específicas. Cada um desses tópicos é crucial, pois qualquer falha pode resultar em acidentes ou incidentes graves causados por fatores humanos.

Uma das principais lacunas na legislação brasileira é a **falta de integração e harmonização** entre diferentes normas e regulamentos que regem a exploração e produção de petróleo e gás. A NR-37, que estabelece requisitos específicos para a segurança e saúde no trabalho em plataformas de petróleo, e o SGSO, que aborda a segurança operacional de uma forma mais ampla, precisam estar melhor alinhados para evitar duplicidades e lacunas que podem levar a interpretações conflitantes e dificuldades na implementação prática (Almeida; Oliveira, 2015). Essa desintegração pode resultar em falhas de comunicação e aplicação das normas, aumentando a probabilidade de erros humanos e, conseqüentemente, de acidentes.

A falta de integração é um problema recorrente que pode levar a falhas na aplicação das normas, visto que as empresas podem se ver diante de requisitos contraditórios ou de difícil conciliação. A harmonização das normas é essencial para garantir que todos os aspectos da segurança e da saúde ocupacional sejam cobertos de maneira eficaz e coerente, proporcionando uma base sólida para a implementação de sistemas de gestão de segurança integrados. Quando os regulamentos não estão alinhados, os trabalhadores podem se confundir ou negligenciar certas práticas de segurança, o que aumenta o risco de incidentes operacionais.

Os **fatores humanos** são cruciais para a segurança operacional na indústria de petróleo e gás. No Brasil, a NR-37 e o SGSO da ANP incluem disposições relacionadas à ergonomia e aos fatores humanos, mas essas questões não são abordadas de forma suficientemente abrangente. A **ergonomia** é vital para prevenir lesões e melhorar a eficiência operacional, mas há uma falta de diretrizes detalhadas sobre como integrá-la nas operações diárias (Reason, 1997). A falta de consideração adequada para os fatores humanos e ergonômicos pode resultar em fadiga, estresse e outros problemas de saúde que comprometem a capacidade dos trabalhadores de realizar suas tarefas com segurança, aumentando assim o risco de erros e acidentes.

Além disso, a abordagem dos fatores humanos, que inclui aspectos como a fadiga, o estresse e a carga de trabalho, não é suficientemente detalhada nas regulamentações existentes. A NT nº 10 de 2024 da ANP tenta cobrir essa lacuna ao enfatizar a importância da engenharia de fatores humanos e listando técnicas de análise de confiabilidade humana consideradas melhores práticas na indústria de óleo e gás. No entanto, a implementação prática dessas diretrizes ainda precisa ser reforçada (ANP, 2023). Por exemplo, se os trabalhadores não têm intervalos de descanso adequados ou são submetidos a turnos excessivamente longos, o risco de erros devido à fadiga aumenta significativamente, o que pode levar a incidentes graves.

A **gestão de riscos** é uma área crucial na regulamentação da indústria de petróleo e gás, mas a eficácia dos processos de avaliação de riscos é frequentemente comprometida pela falta de clareza nas regulamentações sobre a frequência e o escopo dessas atividades. A legislação brasileira carece de diretrizes detalhadas sobre como realizar avaliações de risco abrangentes e dinâmicas, que levem em consideração as mudanças nas condições operacionais e ambientais (Sheridan, 2002). Sem uma avaliação de risco adequada, perigos potenciais podem não ser identificados ou mitigados, aumentando a probabilidade de eventos adversos.

Além disso, a **capacitação e a qualificação dos auditores e inspetores** são áreas que necessitam de maior atenção e padronização. Sem uma formação adequada, os auditores podem não ser capazes de identificar todos os riscos potenciais, o que compromete a eficácia das auditorias e inspeções (Reason, 1997). A ausência de uma qualificação rigorosa pode resultar em auditorias ineficazes,

onde riscos críticos não são detectados ou são subestimados, deixando a porta aberta para incidentes operacionais. É essencial que as regulamentações sejam mais explícitas quanto aos requisitos de qualificação e capacitação para auditores e inspetores, garantindo que estejam preparados para conduzir avaliações rigorosas e abrangentes.

A promoção de uma **cultura de segurança** é essencial para prevenir acidentes e garantir a segurança operacional. A cultura de segurança envolve não apenas a implementação de políticas e procedimentos, mas também a mudança de atitudes e comportamentos dos trabalhadores e da gestão. A legislação brasileira ainda tem um longo caminho a percorrer em termos de incorporar a cultura de segurança nas regulamentações de forma mais robusta (Helmreich & Merritt, 2001). Uma cultura de segurança fraca pode levar a complacência e negligência, onde os trabalhadores não seguem procedimentos de segurança rigorosamente, aumentando o risco de acidentes.

A promoção de uma cultura de segurança envolve a criação de um ambiente onde a segurança é priorizada em todas as decisões operacionais. Isso inclui a promoção de comunicação aberta e transparente, onde os trabalhadores se sintam à vontade para reportar problemas e sugerir melhorias. As regulamentações atuais carecem de mecanismos eficazes para incentivar e monitorar o desenvolvimento de uma cultura de segurança nas empresas. É necessário um enfoque mais forte na cultura de segurança, com incentivos para que as empresas invistam em programas de cultura de segurança e mecanismos de monitoramento que avaliem o impacto dessas iniciativas. Quando a segurança não é vista como uma prioridade, os trabalhadores podem ignorar os procedimentos de segurança, o que pode resultar em incidentes graves.

Outro aspecto que precisa de maior clareza na legislação é a **responsabilidade da alta administração** na segurança operacional. Embora as normas exijam que as empresas implementem sistemas de gestão de segurança, a responsabilidade específica dos líderes e executivos não é suficientemente detalhada (Almeida; Oliveira, 2015). A falta de clareza sobre as responsabilidades pode levar a uma implementação superficial das medidas de segurança, onde a alta administração não se sente diretamente responsável pelas práticas de segurança e saúde no trabalho. Sem o comprometimento da alta administração, os programas de

segurança podem não receber o suporte necessário, resultando em lacunas na implementação e na supervisão que aumentam o risco de acidentes.

Para garantir a eficácia dos sistemas de gestão de segurança, é essencial que as regulamentações definam claramente as responsabilidades da alta administração, incluindo a necessidade de envolver-se ativamente na supervisão e no suporte aos programas de segurança. Quando os líderes empresariais não assumem responsabilidade direta pela segurança, isso pode criar um ambiente onde as questões de segurança são negligenciadas ou tratadas como secundárias, aumentando o risco de incidentes.

A rápida **evolução tecnológica** na indústria de petróleo e gás exige que as regulamentações sejam constantemente atualizadas para refletir as novas realidades operacionais. No entanto, a legislação brasileira muitas vezes não acompanha essas mudanças com a agilidade necessária. A inclusão de tecnologias emergentes, como sistemas automatizados de controle e monitoramento, inteligência artificial e análise de big data, é fundamental para melhorar a segurança e a eficiência operacional (Sheridan, 2002). A falta de regulamentações que incentivem a adoção dessas tecnologias representa uma lacuna significativa. Quando a legislação não acompanha a inovação tecnológica, as empresas podem ficar presas a métodos obsoletos que não oferecem o mesmo nível de segurança e eficiência, aumentando o risco de falhas operacionais.

As normas devem ser revisadas regularmente para garantir que incorporem as últimas inovações tecnológicas, proporcionando um quadro regulatório que incentive a modernização e a adoção de práticas operacionais mais seguras e eficientes. Tecnologias avançadas podem detectar riscos em tempo real e fornecer dados críticos que ajudam na prevenção de acidentes, mas sem uma estrutura regulatória que promova sua adoção, as empresas podem não aproveitar plenamente essas ferramentas.

A **participação ativa dos trabalhadores** na identificação e mitigação de riscos é um aspecto crucial para a segurança operacional. No entanto, as regulamentações atuais não fornecem diretrizes claras sobre como garantir a participação efetiva dos trabalhadores. A legislação brasileira precisa incluir mecanismos que promovam a comunicação bidirecional entre a gestão e os trabalhadores, além de fomentar a participação dos trabalhadores em todas as fases do processo de gestão de riscos (Reason, 1997). Sem a participação ativa dos

trabalhadores, as empresas podem não captar informações críticas do campo operacional, que são essenciais para identificar e mitigar riscos de forma eficaz.

A participação dos trabalhadores é essencial para identificar riscos que podem não ser visíveis para a alta administração e para desenvolver soluções práticas que melhorem a segurança operacional. As regulamentações devem incluir disposições que garantam a formação de comitês de segurança, a participação dos trabalhadores em auditorias de segurança e a promoção de programas de treinamento contínuo. Quando os trabalhadores não são envolvidos no processo de gestão de segurança, eles podem não se sentir responsáveis pela segurança, o que pode levar a uma diminuição na adesão aos procedimentos de segurança e, conseqüentemente, aumentar o risco de acidentes.

Embora existam regulamentos específicos para a **proteção ambiental**, como as exigências de licenciamento ambiental e os planos de contingência, a integração entre as normas de segurança operacional e de proteção ambiental ainda é insuficiente. A exploração e produção de petróleo e gás têm impactos significativos no meio ambiente, e é crucial que as regulamentações considerem de forma integrada os aspectos de segurança e ambientais (Almeida; Oliveira, 2015). A falta de uma abordagem holística que inclua a proteção ambiental como parte integrante da segurança operacional representa uma lacuna importante. A negligência dos aspectos ambientais pode levar a desastres ecológicos, que são frequentemente exacerbados por falhas humanas em procedimentos de segurança e resposta a emergências.

As normas devem ser desenvolvidas para garantir que as operações sejam conduzidas de maneira segura e ambientalmente responsável, minimizando os impactos adversos e promovendo a sustentabilidade a longo prazo. Incidentes ambientais, como vazamentos de petróleo, muitas vezes resultam de falhas humanas, como erros operacionais, manutenção inadequada ou respostas ineficazes a emergências. Portanto, é vital que as regulamentações integrem de forma eficaz as práticas de segurança operacional e ambiental.

As lacunas legais na regulamentação e fiscalização da segurança operacional podem também ter impactos devastadores em aspectos jurídicos, financeiros, de Governança, de Sustentabilidade e de reputação do setor.

Mesmo quando existem normas, a **fiscalização insuficiente** e a aplicação ineficaz das leis e regulamentos contribuem para a não conformidade com os

padrões de segurança, levando a uma cultura de complacência onde as empresas podem optar por não seguir as regulamentações devido à baixa probabilidade de penalidades severas. Isso aumenta o risco de incidentes graves (Hopkins, 2011). A implementação deficiente das leis de segurança operacional perpetua um ciclo de negligência e risco elevado, onde as empresas podem continuar operando sem atender aos requisitos mínimos de segurança (Schein, 2010).

Os acidentes operacionais podem gerar enormes **custos financeiros** devido à necessidade de reparos, compensações, multas e interrupções na produção. Os custos de recuperação de desastres ambientais e acidentes industriais podem ser astronômicos, afetando a rentabilidade das empresas. Isso também pode levar ao aumento dos custos de seguro e ao pagamento de indenizações a trabalhadores e comunidades afetadas (Sengupta, 2010).

As lacunas legais podem gerar um ambiente de **insegurança jurídica**, onde as empresas não têm clareza sobre como atender às exigências regulatórias. A insegurança jurídica desestimula investimentos no setor, pois investidores tendem a evitar mercados onde as regras não são claras ou estão sujeitas a mudanças frequentes. Isso pode levar a uma menor competitividade do Brasil no cenário internacional de petróleo e gás (Helm, 2007).

Incidentes frequentes e graves devido à falta de regulamentações rigorosas podem manchar a reputação do setor de petróleo e gás no Brasil. A **imagem negativa** impacta a confiança do público e a aceitação social das atividades de exploração e produção de petróleo. Isso pode resultar em maior resistência por parte das comunidades locais e grupos ambientalistas, dificultando a operação e expansão das empresas (Moffat; Zhang, 2014). A percepção negativa pode afetar a marca das empresas, resultando em perda de clientes, parceiros comerciais e oportunidades de negócios. Além disso, as empresas podem enfrentar boicotes e campanhas negativas promovidas por organizações não governamentais (ONGs) e a mídia (Fombrun; Shanley, 1990).

A ausência de regulamentações que estejam em conformidade com os **padrões internacionais** de segurança operacional coloca o Brasil em desvantagem. As empresas brasileiras podem enfrentar barreiras comerciais e dificuldades para competir globalmente. Investidores internacionais também podem ser relutantes em investir em empresas que não seguem os melhores padrões de práticas globais (Mitchell; Agle; Wood, 2016).

Para mitigar os impactos das lacunas legais, é necessário que o governo implemente reformas regulatórias abrangentes e eficazes. Reformas bem-sucedidas podem melhorar significativamente a segurança operacional, protegendo trabalhadores, o meio ambiente e a economia. **Políticas públicas** robustas e bem implementadas também aumentam a confiança dos investidores e a competitividade internacional do setor (Rodrigues; Mendes, 2015).

As empresas devem adotar práticas de **sustentabilidade e responsabilidade social** corporativa para garantir operações seguras, preocupadas com os seres humanos e ambientalmente responsáveis. Práticas sustentáveis não só protegem o meio ambiente e as comunidades locais, mas também melhoram a reputação da empresa e podem resultar em incentivos fiscais e outras vantagens econômicas (Elkington, 1997).

3 ESTUDO DE CASOS

A análise de estudo de casos específicos de incidentes e acidentes na indústria de petróleo e gás *offshore* é fundamental para compreender os fatores humanos envolvidos e as implicações legais e regulatórias. A indústria *offshore* é caracterizada por operações complexas e de alto risco, onde erros humanos podem ter consequências catastróficas.

Neste descritivo, exploraremos diversos incidentes significativos, destacando os fatores humanos que contribuíram para esses eventos e as respostas regulatórias subsequentes.

Um dos principais aspectos a serem considerados é a complexidade das operações na indústria de petróleo e gás, que envolvem o uso de equipamentos sofisticados e a execução de tarefas que requerem alto nível de habilidade e atenção. Reason (1997) afirma que os acidentes geralmente resultam de uma combinação de falhas técnicas, organizacionais e humanas, sendo estas últimas frequentemente consideradas como a causa raiz.

No Brasil, um estudo realizado por Almeida e Oliveira (2015) identificou que os principais fatores humanos associados aos acidentes na indústria de petróleo e gás são a falta de comunicação eficaz, a fadiga, a falta de treinamento adequado e a sobrecarga de trabalho. Esses fatores podem levar a erros humanos, como desatenção, negligência ou falha na tomada de decisão, que aumentam o risco de acidentes.

No cenário internacional, a pesquisa de Helmreich e Merritt (2001) destaca que a cultura organizacional desempenha um papel fundamental na segurança operacional. Uma cultura que valoriza a segurança, promove a comunicação aberta e transparente e incentiva a aprendizagem organizacional tende a reduzir a ocorrência de acidentes relacionados aos fatores humanos.

Um dos acidentes mais emblemáticos na história da indústria *offshore* é o desastre da plataforma de petróleo Piper Alpha, ocorrido em 6 de julho de 1988, no Mar do Norte. A explosão e subsequente incêndio resultaram na morte de 167 trabalhadores. A investigação revelou que uma série de falhas humanas, combinadas com deficiências no *design* da plataforma e na gestão de segurança, foram as principais causas do desastre (Cullen, 1990). Erros na comunicação entre as equipes de manutenção e operação, falhas na gestão de mudanças e uma

cultura de segurança inadequada foram identificados como fatores críticos. A tragédia de Piper Alpha levou a uma revisão abrangente das práticas de segurança na indústria *offshore*, culminando na introdução do Regulamento de Segurança *Offshore* no Reino Unido e na criação da Autoridade de Saúde e Segurança (HSE) como órgão regulador independente (Cullen, 1990).

Outro incidente significativo ocorreu em 2010 com a explosão da plataforma Deepwater Horizon, operada pela *British Petroleum* (BP), no Golfo do México. Este acidente resultou na morte de 11 trabalhadores e no maior derramamento de petróleo da história marítima dos Estados Unidos. A Comissão Nacional sobre o Derramamento de Óleo de Deepwater Horizon apontou uma série de falhas humanas como contribuintes para o desastre, incluindo decisões inadequadas de gestão, falhas na comunicação e na coordenação entre as equipes de perfuração e as empresas contratadas, além de pressões comerciais que comprometeram a segurança (National Commission, 2011). A explosão da Deepwater Horizon destacou a importância crítica de uma cultura de segurança robusta e da necessidade de uma supervisão regulatória rigorosa. Em resposta, o governo dos Estados Unidos estabeleceu a Agência de Segurança e Aplicação Ambiental (BSEE) para fortalecer a regulamentação e fiscalização da segurança *offshore* (BSEE, 2011).

A explosão da plataforma P-36 da Petrobras, em março de 2001, é outro exemplo de um incidente trágico com fortes implicações de fatores humanos. A P-36, então a maior plataforma flutuante de produção de petróleo do mundo, afundou após uma série de explosões que mataram 11 trabalhadores. A investigação subsequente identificou falhas na manutenção e na operação da plataforma, além de deficiências nos procedimentos de emergência e treinamento dos trabalhadores (Petrobras, 2001). A tragédia da P-36 levou a Petrobras a revisar seus procedimentos de segurança e a implementar medidas mais rigorosas de gestão de riscos e treinamento. No entanto, as falhas na supervisão regulatória também foram evidentes, destacando a necessidade de uma abordagem mais robusta por parte da ANP (Petrobras, 2001).

Outro caso relevante é o do acidente na plataforma montara, operada pela *PTT Exploration and Production Public Company Limited* (PTTEP) Australasia, ocorrido em 2009 no Mar de Timor. O vazamento de petróleo durou mais de dois meses, resultando em danos ambientais significativos. A investigação revelou que falhas na supervisão regulatória, combinadas com práticas operacionais

inadequadas e uma cultura de segurança deficiente, foram os principais fatores contribuindo para o acidente (Australian Government, 2010). Em resposta, a Austrália revisou suas regulamentações de segurança *offshore*, levando à criação da NOPSEMA para garantir uma supervisão mais eficaz e independente (Australian Government, 2010).

A análise desses casos mostra que os fatores humanos, como falhas na comunicação, decisões inadequadas de gestão, deficiências no treinamento e uma cultura de segurança inadequada, desempenham um papel central na ocorrência de incidentes e acidentes na indústria *offshore*. Além disso, a resposta regulatória a esses incidentes geralmente envolve a revisão e fortalecimento das normas de segurança, bem como a criação de órgãos reguladores independentes para garantir uma supervisão eficaz.

Os fatores humanos não apenas contribuem diretamente para a ocorrência de incidentes, mas também influenciam a eficácia das respostas de emergência e a resiliência organizacional. A cultura de segurança, por exemplo, é um fator crítico que pode determinar como uma organização responde a um incidente. Uma cultura de segurança robusta, onde a segurança é priorizada em todas as decisões operacionais e os trabalhadores são incentivados a reportar problemas e participar ativamente na gestão de riscos, pode mitigar os impactos de um incidente e prevenir a sua escalada.

As implicações legais e regulatórias dos incidentes também são significativas. Após o desastre de Piper Alpha, a legislação do Reino Unido foi substancialmente revisada para fortalecer as normas de segurança e a fiscalização regulatória. O relatório Cullen, que investigou o acidente, recomendou a criação de um órgão regulador independente, a HSE, e a implementação de uma abordagem de gestão de segurança baseada em riscos, que se tornou um modelo para a regulamentação *offshore* global (Cullen, 1990).

Da mesma forma, o incidente da Deepwater Horizon levou a uma revisão abrangente das regulamentações de segurança *offshore* nos Estados Unidos. A criação da BSEE visou fortalecer a supervisão regulatória e garantir que as empresas operadoras adotassem práticas de segurança mais rigorosas. A legislação pós-Deepwater Horizon também enfatizou a importância da cultura de segurança e da gestão de riscos, exigindo que as empresas apresentassem planos de segurança

detalhados e realizassem auditorias regulares para garantir a conformidade (National Commission, 2011).

No Brasil, os incidentes envolvendo a Petrobras, como o da P-36, resultaram em mudanças significativas nas práticas de segurança da empresa e na supervisão regulatória pela ANP. A ANP intensificou suas atividades de fiscalização e exigiu que as empresas adotassem sistemas de gestão de segurança mais rigorosos, incluindo a implementação de programas de treinamento e capacitação para os trabalhadores (Petrobras, 2001).

A análise comparativa desses incidentes também revela a importância de uma abordagem integrada para a gestão de segurança, que considere não apenas os aspectos técnicos e operacionais, mas também os fatores humanos. A integração de fatores humanos nas práticas de gestão de segurança envolve a consideração de aspectos como a ergonomia, a carga de trabalho, o estresse, a fadiga e a competência dos trabalhadores. Essas considerações são essenciais para prevenir erros humanos e garantir que os trabalhadores possam realizar suas tarefas de maneira segura e eficiente (Reason, 1997).

Além disso, os incidentes destacam a importância de uma supervisão regulatória eficaz. A criação de órgãos reguladores independentes, como a HSE no Reino Unido e a BSEE nos Estados Unidos, tem se mostrado uma prática eficaz para garantir a conformidade das empresas com as normas de segurança. Esses órgãos são responsáveis por realizar auditorias regulares, investigar incidentes e acidentes, e impor sanções em caso de não conformidade, garantindo que as empresas adotem práticas de segurança rigorosas e continuamente melhorem seus sistemas de gestão de segurança (Cullen, 1990; National Commission, 2011).

As implicações legais dos incidentes também incluem a responsabilidade civil e penal das empresas e de seus executivos. Nos casos da Deepwater Horizon e da P-36, por exemplo, as empresas enfrentaram processos judiciais e sanções financeiras significativas, além de danos à reputação. A responsabilidade penal também foi considerada, com investigações sobre possíveis negligências e falhas na gestão de segurança (National Commission, 2011; Petrobras, 2001).

Esses estudos de caso demonstram a importância crítica de abordar os fatores humanos de maneira abrangente e integrada na gestão de segurança na indústria *offshore*. A falha em considerar esses fatores pode resultar em consequências catastróficas, como demonstrado pelos incidentes analisados. A

resposta regulatória eficaz, que inclui a criação de órgãos reguladores independentes, a revisão e fortalecimento das normas de segurança, e a promoção de uma cultura de segurança robusta, é essencial para prevenir futuros incidentes e garantir a segurança dos trabalhadores e a proteção do meio ambiente.

3.1 Análise dos relatórios de investigação dos incidentes

No contexto brasileiro e internacional, vários incidentes significativos ocorreram ao longo das últimas décadas, fornecendo importantes lições e insumos sobre as falhas operacionais, técnicas e humanas que podem contribuir para tais eventos catastróficos.

Para selecionar os eventos analisados, adotou-se um critério baseado na gravidade do impacto ambiental e humano, na relevância do incidente para a indústria petrolífera no Brasil e no mundo, e na disponibilidade de dados detalhados de investigações oficiais.

3.1.1 Evento Alexander L. Kielland – Noruega (1980)

O acidente da plataforma Alexander L. Kielland, ocorrido em 27 de março de 1980, resultou no colapso da plataforma semissubmersível, levando à morte de 123 das 212 pessoas a bordo. A investigação do acidente identificou várias causas raízes que contribuíram para a tragédia (NOU, 1983), como: falha estrutural, deficiências no *design*, problemas de manutenção e inspeção, procedimentos operacionais inadequados e cultura de segurança deficiente.

A causa imediata do acidente foi uma rachadura em uma das pernas da plataforma, especificamente na perna D. A rachadura começou na conexão entre a perna e um suporte tubular horizontal, que não foi detectada a tempo. A plataforma apresentava deficiências no projeto estrutural, especialmente nas junções e soldas das pernas. O *design* não considerou adequadamente a possibilidade de falhas progressivas em caso de dano a uma das pernas. O projeto da plataforma não incluía redundância suficiente para garantir a estabilidade em caso de falha de um dos componentes estruturais principais. As práticas de inspeção das soldas eram insuficientes, o que permitiu que a rachadura na perna D passasse despercebida. A metodologia de inspeção utilizada não era eficaz na detecção de rachaduras

pequenas, mas críticas. Havia falhas nos procedimentos de manutenção preventiva, o que contribuiu para a deterioração das condições estruturais sem que houvesse intervenções corretivas a tempo. Os planos de emergência e evacuação não eram adequados para lidar com uma situação de colapso estrutural. A evacuação foi caótica e demorou, resultando em maior número de fatalidades. A tripulação não estava suficientemente treinada para lidar com situações de emergência, o que contribuiu para a resposta desorganizada durante o incidente. Ademais, havia uma falta geral de cultura de segurança na organização operadora da plataforma. Isso se refletiu em práticas inadequadas de manutenção, inspeção e resposta a emergências. Os riscos associados às falhas estruturais e à falta de inspeções rigorosas foram subestimados, contribuindo para a ocorrência do acidente.

O relatório de investigação concluiu que o acidente da Alexander L. Kielland foi resultado de uma combinação de falhas estruturais, deficiências no *design*, práticas inadequadas de manutenção e inspeção, procedimentos operacionais ineficazes e uma cultura de segurança deficiente. A tragédia destacou a necessidade de melhorias significativas em todas essas áreas para prevenir incidentes semelhantes no futuro.

A partir desse acidente, várias recomendações foram feitas, incluindo: reforço das normas de *design* e inspeção de plataformas semissubmersíveis; implementação de requisitos de redundância estrutural para aumentar a segurança; melhoria nos procedimentos de manutenção e inspeção; desenvolvimento de planos de emergência e treinamento mais eficazes; e promoção de uma cultura de segurança robusta e contínua.

3.1.2 Evento Plataforma Enchova – Brasil (1984)

O acidente na plataforma de Enchova, operada pela Petrobras e localizada na Bacia de Campos, ocorreu em 16 de agosto de 1984. Este desastre resultou na morte de 42 trabalhadores devido a um incêndio seguido de uma explosão. As principais causas raízes identificadas no relatório de investigação são: falhas na manutenção e procedimentos operacionais; falhas no sistema de segurança; deficiências na cultura de segurança e treinamento; e falhas na resposta a emergências.

Havia falhas significativas na manutenção dos sistemas de controle e segurança da plataforma. Problemas previamente identificados não foram corrigidos adequadamente. A equipe de perfuração não seguiu procedimentos adequados para controlar a pressão do poço. Isso levou à liberação incontrolada de gás, resultando em um *blowout* (erupção de poço). O *Blowout Preventer* (BOP), um dispositivo de segurança crucial, não funcionou corretamente durante o *blowout*. O equipamento falhou em selar o poço e impedir a liberação de gás e óleo. O sistema de detecção de gás não conseguiu identificar o acúmulo de gás a tempo de evitar a explosão. O sistema de combate a incêndio da plataforma não foi eficaz em controlar o fogo que se seguiu à explosão inicial. Havia uma cultura organizacional que priorizava a produção e a eficiência operacional sobre a segurança, resultando em práticas operacionais arriscadas e comprometedoras. Pressões para manter a produção muitas vezes levavam a decisões que comprometeram a segurança da operação. A equipe não estava adequadamente treinada para lidar com emergências. Havia falta de exercícios regulares de preparação para emergências e procedimentos de evacuação. Os planos de emergência não eram adequados para lidar com um desastre de tal magnitude, resultando em uma evacuação desorganizada. Houve falta de coordenação eficaz entre as equipes de resposta, dificultando a gestão da emergência e a evacuação segura dos trabalhadores.

O relatório de investigação sobre o acidente na plataforma de Enchova concluiu que a tragédia foi resultado de uma combinação de falhas na manutenção e procedimentos operacionais, deficiências nos sistemas de segurança, cultura de segurança deficiente e preparação inadequada para emergências. As principais recomendações incluídas no relatório foram: melhoria nos procedimentos de manutenção e operação (implementação de procedimentos rigorosos para a manutenção e operação de todos os sistemas críticos, especialmente os relacionados à segurança); reforço dos sistemas de detecção de gás e combate a incêndio (atualização e melhoria dos sistemas de detecção de gás e combate a incêndio para garantir uma resposta rápida e eficaz a qualquer incidente); desenvolvimento de uma cultura de segurança robusta (promoção de uma cultura de segurança que priorize a segurança operacional e a prevenção de riscos sobre a produção); aprimoramento dos treinamentos de segurança e preparação para emergências (realização de treinamentos regulares e abrangentes para todos os trabalhadores, focados em procedimentos de segurança e resposta a emergências,

garantindo que todos saibam como agir em caso de incidente); melhoria na gestão de riscos (realização de avaliações de riscos mais abrangentes e implementação de medidas de mitigação eficazes para todos os riscos identificados).

3.1.3 Evento Piper Alpha – Mar do Norte (1988)

O acidente da plataforma Piper Alpha, ocorrido em 6 de julho de 1988, é um dos piores desastres industriais da história da indústria de petróleo e gás. A investigação do acidente, liderada por Lord Cullen, revelou várias causas raízes que contribuíram para a tragédia, resultando na morte de 167 pessoas. Aqui estão as principais causas raízes identificadas no relatório de investigação: falhas na gestão de segurança e operacional; falhas no *design* e engenharia da plataforma; cultura de segurança e liderança; e falhas na resposta a emergências.

A Gestão das Permissões de Trabalho, em inglês: *Permit to Work* (PTW) não era adequada. No dia do acidente, uma bomba de condensado que estava em manutenção não foi claramente identificada como fora de serviço, e outra bomba foi acionada sem conhecimento de que um alívio de pressão havia sido removido para manutenção. Houve falhas significativas na comunicação entre as equipes de turno, especialmente sobre o status dos equipamentos e as permissões de trabalho em andamento, levando a uma falta de consciência situacional. A localização de equipamentos críticos, como a sala de controle, próximo a áreas de alto risco de incêndio e explosão, contribuiu para a rápida propagação do fogo e a incapacitação dos sistemas de controle. O sistema de combate a incêndio foi projetado para resfriar a estrutura, mas não era capaz de lidar com incêndios de hidrocarbonetos de grande magnitude. Além disso, as bombas de água do mar estavam em modo manual e não foram ativadas rapidamente. A cultura de segurança na *Occidental Petroleum*, a empresa operadora, era deficiente. Havia uma falta de ênfase na segurança operacional e na preparação para emergências. A tripulação não estava adequadamente treinada para responder a emergências, resultando em uma evacuação desorganizada e ineficaz durante o desastre. Os planos de emergência não eram adequados para um desastre de tal magnitude. A evacuação foi caótica, e muitos trabalhadores ficaram presos na plataforma. Houve uma falta de coordenação eficaz entre as equipes de resposta a emergências, tanto na plataforma quanto entre as equipes de resgate externas.

O Relatório Cullen fez várias recomendações para melhorar a segurança na indústria de petróleo e gás *offshore*: revisão e melhoria dos sistemas de permissão de trabalho (implementação de sistemas rigorosos de PTW para garantir que todas as atividades de manutenção e operações sejam claramente comunicadas e documentadas); melhoria da comunicação entre turnos (estabelecimento de procedimentos robustos de comunicação para garantir a troca de informações críticas entre equipes de turno); revisão dos projetos de plataforma (reavaliação dos projetos de plataformas para garantir que equipamentos críticos sejam localizados em áreas seguras e protegidas); fortalecimento da cultura de segurança (promoção de uma cultura de segurança forte, com ênfase na segurança operacional e na preparação para emergências); e melhoria nos planos e treinamentos de emergência (desenvolvimento de planos de emergência abrangentes e realização de treinamentos regulares para garantir que todos os trabalhadores saibam como responder adequadamente a emergências).

3.1.4 Evento Plataforma P-36 – Brasil (2001)

O acidente da plataforma P-36, ocorrido em março de 2001, resultou no afundamento da maior plataforma flutuante de produção de petróleo do mundo à época, localizada na Bacia de Campos, Brasil. O relatório de investigação da ANP identificou várias causas raízes que contribuíram para o acidente. Aqui estão os principais pontos: falhas operacionais; problemas estruturais e de *design*; falhas no sistema de segurança; cultura de segurança e treinamento; e falhas na resposta a emergências.

Havia falhas significativas na manutenção dos equipamentos e sistemas críticos da plataforma, o que comprometeu a integridade operacional da P-36. Os procedimentos operacionais para a gestão de segurança e resposta a emergências eram inadequados e não foram seguidos corretamente. A plataforma tinha deficiências no *design* estrutural que não foram devidamente identificadas e corrigidas, resultando em vulnerabilidades significativas. A configuração dos tanques de lastro e dos sistemas de controle de estabilidade da plataforma foi inadequada, contribuindo para o desequilíbrio após a explosão. O sistema de combate a incêndio da P-36 não funcionou adequadamente durante a emergência, dificultando o controle do incêndio e da explosão. O sistema de detecção e controle de gás não

conseguiu prevenir o acúmulo de gases inflamáveis que levou à explosão. A cultura de segurança na operação da plataforma era deficiente, com uma falta geral de ênfase na importância da segurança operacional e prevenção de riscos. Havia uma tendência de priorizar a produção de petróleo em detrimento da segurança, o que contribuiu para a ocorrência do acidente. A tripulação não estava suficientemente treinada para lidar com emergências e evacuações, resultando em uma resposta desorganizada e ineficaz durante o incidente. Os planos de emergência não eram adequados para lidar com um desastre de tal magnitude, e a tripulação não estava devidamente preparada para seguir esses planos. A falta de coordenação eficaz entre as equipes de resposta dificultou a gestão da emergência e a evacuação segura da tripulação.

O relatório de investigação da ANP concluiu que o acidente da P-36 foi o resultado de uma combinação de falhas operacionais, problemas estruturais e de *design*, falhas no sistema de segurança, cultura de segurança deficiente e treinamento insuficiente. As recomendações incluíram: revisão e melhoria dos procedimentos de manutenção (implementação de práticas de manutenção mais rigorosas para garantir a integridade dos equipamentos e sistemas críticos); reavaliação dos projetos estruturais das plataformas (revisão dos projetos das plataformas para identificar e corrigir deficiências estruturais e de *design*); fortalecimento dos sistemas de segurança (melhoria dos sistemas de combate a incêndio e detecção de gases para garantir uma resposta eficaz em situações de emergência); promoção de uma cultura de segurança robusta (desenvolvimento de uma cultura de segurança que priorize a prevenção de riscos e a segurança operacional sobre a produção); e aprimoramento dos treinamentos e planos de emergência (realização de treinamentos regulares e abrangentes para a tripulação, juntamente com a revisão e atualização dos planos de emergência para garantir uma resposta eficaz em caso de desastre).

3.1.5 Evento Plataforma Montara – Austrália (2009)

O acidente de Montara ocorreu em 21 de agosto de 2009, quando um *blowout* (erupção de poço) aconteceu no poço H1 na plataforma Montara Wellhead, localizada no Mar de Timor, Austrália. Este incidente resultou em um derramamento de petróleo que durou mais de 70 dias. A seguir, são destacadas as causas raízes

identificadas no relatório de investigação liderado pela Comissão de Inquérito de Montara e outros relatórios subsequentes: falhas no projeto e execução do poço; problemas na supervisão e fiscalização; falhas nos procedimentos operacionais; e cultura de segurança e gestão de riscos.

A cimentação do poço foi inadequada e não conseguiu fornecer uma barreira de isolamento eficaz. Havia falhas na cimentação do revestimento do poço que permitiram o fluxo de hidrocarbonetos. Não foram implementadas barreiras secundárias adequadas para garantir a segurança do poço. A ausência de barreiras redundantes aumentou o risco de *blowout*. A operadora PTTEP Australasia falhou em supervisionar adequadamente as operações de perfuração e manutenção do poço. Houve uma falta de verificação e controle de qualidade nos procedimentos de cimentação e segurança. A agência reguladora australiana não fiscalizou adequadamente as operações da PTTEP, permitindo que práticas operacionais inadequadas continuassem sem correção. Os procedimentos de perfuração e cimentação adotados pela PTTEP não estavam em conformidade com as melhores práticas da indústria. Houve falta de planejamento adequado e execução correta dos procedimentos. Havia uma cultura organizacional que priorizava a produção e a eficiência operacional sobre a segurança, resultando em decisões arriscadas. A segurança operacional não era uma prioridade, e as práticas de gestão de segurança eram inadequadas. A avaliação de riscos não foi suficientemente abrangente para identificar e mitigar os riscos críticos associados à perfuração e cimentação do poço. As medidas de mitigação de riscos implementadas não foram eficazes para prevenir o *blowout*.

O relatório de investigação sobre o acidente de Montara concluiu que a tragédia foi resultado de uma combinação de falhas no projeto e execução do poço, supervisão operacional deficiente, fiscalização regulatória inadequada, procedimentos operacionais inadequados e uma cultura de segurança deficiente. As principais recomendações incluídas no relatório foram: melhoria nos procedimentos de cimentação e perfuração (implementação de procedimentos rigorosos para a cimentação e perfuração de poços, garantindo que as barreiras de segurança sejam adequadamente projetadas e testadas); reforço da supervisão operacional (melhoria na supervisão das operações de perfuração e manutenção de poços, garantindo que todos os procedimentos estejam em conformidade com as melhores práticas da indústria); fortalecimento da fiscalização regulatória (melhoria na fiscalização e

auditoria regulatória para garantir a conformidade com normas de segurança rigorosas e a identificação de deficiências críticas); promoção de uma cultura de segurança robusta (desenvolvimento de uma cultura de segurança que priorize a segurança operacional e a prevenção de riscos sobre a produção); e aprimoramento da gestão de riscos (realização de avaliações de riscos mais abrangentes e implementação de medidas de mitigação eficazes para todos os riscos identificados).

3.1.6 Evento Macondo – Golfo do México (2010)

O acidente do poço Macondo, mais conhecido como o desastre da Deepwater Horizon, ocorreu em 20 de abril de 2010, no Golfo do México. Este incidente resultou em uma explosão catastrófica e no maior vazamento de petróleo marítimo da história dos Estados Unidos. A seguir, são destacadas as causas raízes identificadas no relatório de investigação, liderado pela Comissão Nacional sobre o Derramamento de Petróleo do Golfo do México e outras investigações subsequentes: falhas no projeto e execução do poço; deficiências na gestão de riscos e procedimentos operacionais; e cultura de segurança e supervisão reguladora.

A cimentação do poço foi inadequada e não conseguiu selar o poço de forma eficaz. O cimento usado para vedar a zona de produção do poço Macondo não forneceu uma barreira de isolamento adequada, permitindo que o gás metano se infiltrasse e migrasse para a superfície. Testes de integridade da cimentação foram realizados, mas os resultados não foram interpretados corretamente. Problemas identificados nos testes foram ignorados ou mal compreendidos. O BOP, um dispositivo de segurança crucial projetado para evitar explosões, falhou devido a problemas de manutenção e *design*. O BOP não conseguiu cortar e selar o tubo de perfuração, permitindo que o gás e o petróleo escapassem. A BP, operadora do poço, não avaliou adequadamente os riscos associados ao projeto e à execução do poço. Decisões arriscadas foram tomadas para economizar tempo e custos, sem considerar plenamente as implicações de segurança. Houve várias decisões operacionais arriscadas, como a escolha de um revestimento de poço menos seguro e a substituição de uma vedação de cimento adicional por um material menos seguro, sem considerar plenamente os riscos envolvidos. A comunicação entre as

equipes da BP, Transocean (proprietária da plataforma) e Halliburton (responsável pela cimentação) foi inadequada. Informações críticas sobre problemas de cimentação e pressões anormais no poço não foram compartilhadas de maneira eficaz. Os procedimentos de segurança e resposta a emergências foram inadequados e não foram seguidos corretamente. Houve falta de treinamento adequado para lidar com a emergência que se desenvolveu. Havia uma cultura organizacional que priorizava a produção e a redução de custos sobre a segurança, levando a uma série de decisões arriscadas e comprometedoras. As empresas envolvidas não mantinham um foco adequado na segurança operacional, resultando em práticas deficientes de gestão de segurança. A supervisão regulatória por parte do *Minerals Management Service* (MMS) foi insuficiente. As inspeções e auditorias não conseguiram identificar ou corrigir deficiências significativas nos procedimentos de segurança. A regulamentação e as normas aplicáveis não eram suficientemente rigorosas para garantir a segurança das operações de perfuração em águas profundas.

Os relatórios de investigação sobre o desastre do poço Macondo concluíram que a tragédia foi resultado de uma combinação de falhas no projeto e execução do poço, deficiências na gestão de riscos e procedimentos operacionais, cultura de segurança deficiente e supervisão reguladora inadequada. As principais recomendações incluíram: melhoria no projeto e execução de poços (implementação de normas mais rigorosas para o projeto e cimentação de poços, garantindo que as barreiras de segurança sejam adequadamente projetadas e testadas); reforço da gestão de riscos (desenvolvimento de práticas robustas de gestão de riscos que considerem plenamente as implicações de segurança de todas as decisões operacionais); fortalecimento da cultura de segurança (promoção de uma cultura de segurança que priorize a segurança operacional e a prevenção de riscos sobre a produção e a redução de custos); aprimoramento da supervisão regulatória (melhoria da fiscalização e auditoria regulatória para garantir a conformidade com normas de segurança rigorosas e a identificação de deficiências críticas) e treinamento e preparação para emergências (realização de treinamentos regulares e abrangentes para todos os trabalhadores, focados em procedimentos de segurança e resposta a emergências, para garantir uma resposta eficaz em caso de incidente).

3.1.7 Evento Campo de Frade – Brasil (2011)

O acidente no Campo de Frade ocorreu em 7 de novembro de 2011, no litoral do Rio de Janeiro, Brasil, e envolveu um vazamento de petróleo submarino operado pela Chevron. Este incidente resultou em um derramamento de petróleo significativo no Oceano Atlântico. As causas raízes identificadas no relatório de investigação são: falhas no projeto e execução do poço; falhas nos procedimentos operacionais; deficiências na cultura de segurança e gestão de riscos; falhas na supervisão e fiscalização; e resposta a emergências e contenção.

A cimentação do poço não foi realizada corretamente, resultando em falhas na vedação. Este problema permitiu que o petróleo migrasse para a superfície através das formações rochosas ao redor do poço. A Chevron não conseguiu gerenciar adequadamente as pressões do poço durante a perfuração. O aumento inesperado da pressão causou fraturas nas formações rochosas, facilitando o caminho para o petróleo escapar. A equipe de perfuração tomou decisões operacionais arriscadas, incluindo a perfuração de seções de alta pressão sem a devida preparação e precauções necessárias para lidar com essas condições. Houve falhas no monitoramento contínuo das condições do poço e na detecção precoce de anomalias nas pressões e vazamentos. Havia uma cultura organizacional que priorizava a produção e a eficiência operacional sobre a segurança, levando a práticas operacionais arriscadas. A avaliação de riscos não foi suficientemente abrangente para identificar e mitigar os riscos críticos associados à perfuração em áreas de alta pressão. Falta de planejamento adequado e implementação de medidas de mitigação de riscos, resultando em vulnerabilidades críticas durante a perfuração. A Chevron não supervisionou adequadamente as operações de perfuração, permitindo que práticas operacionais inseguras continuassem sem correção. A Chevron não estava adequadamente preparada para responder a um vazamento de petróleo de grande escala. A falta de um plano de resposta eficaz atrasou as ações de contenção e mitigação. Os equipamentos e recursos disponíveis para conter o vazamento eram insuficientes e inadequados para a magnitude do derramamento.

O relatório de investigação sobre o acidente no Campo de Frade concluiu que a tragédia foi resultado de uma combinação de falhas no projeto e execução do poço, procedimentos operacionais inadequados, cultura de segurança deficiente,

gestão de riscos inadequada, supervisão operacional deficiente e fiscalização reguladora insuficiente. As principais recomendações incluídas no relatório foram: melhoria nos procedimentos de cimentação e perfuração (implementação de procedimentos rigorosos para a cimentação e perfuração de poços, garantindo que as barreiras de segurança sejam adequadamente projetadas e testadas); reforço da supervisão operacional (melhoria na supervisão das operações de perfuração, garantindo que todos os procedimentos estejam em conformidade com as melhores práticas da indústria); fortalecimento da fiscalização reguladora (melhoria na fiscalização e auditoria regulatória para garantir a conformidade com normas de segurança rigorosas e a identificação de deficiências críticas); promoção de uma cultura de segurança robusta (desenvolvimento de uma cultura de segurança que priorize a segurança operacional e a prevenção de riscos sobre a produção); aprimoramento da gestão de riscos (realização de avaliações de riscos mais abrangentes e implementação de medidas de mitigação eficazes para todos os riscos identificados) e preparação e resposta a emergências (desenvolvimento de planos de resposta a emergências mais eficazes e alocação de recursos adequados para a contenção e mitigação de vazamentos de petróleo).

3.1.8 Evento FPSO Cidade de São Mateus – Brasil (2015)

O acidente da plataforma *Floating Production Storage and Offloading* (FPSO) Cidade de São Mateus ocorreu em 11 de fevereiro de 2015 na Bacia do Espírito Santo, Brasil, resultando em uma explosão que causou a morte de 9 trabalhadores e feriu 26. O relatório de investigação identificou várias causas raízes que contribuíram para o desastre. Aqui estão os principais pontos identificados: falhas operacionais e procedimentais; problemas nos equipamentos e sistemas; deficiências no sistema de segurança; cultura de segurança e gestão; e gestão de riscos.

A investigação revelou que havia falhas na manutenção de equipamentos críticos, especialmente no sistema de gás e nos compressores. Houve falta de procedimentos claros e padronizados para a operação e manutenção dos sistemas de gás. A execução inadequada dos procedimentos existentes também foi um fator contribuinte. A principal causa da explosão foi um vazamento de gás, que ocorreu devido a falhas no sistema de compressão de gás. Este vazamento não foi detectado a tempo para evitar a explosão. Houve falhas nos equipamentos de

compressão de gás, que não foram adequadamente inspecionados e mantidos. O sistema de detecção de gás não foi eficaz em identificar e alertar sobre o vazamento de gás antes da explosão. A resposta à emergência foi desorganizada e insuficiente, resultando em uma evacuação caótica e na falta de controle do incêndio subsequente à explosão. Havia uma cultura de segurança deficiente, com falta de ênfase na prevenção de riscos e na implementação de práticas de segurança rigorosas. A pressão para manter altos níveis de produção muitas vezes superava as considerações de segurança, levando a práticas operacionais arriscadas. A tripulação não estava suficientemente treinada para lidar com situações de emergência, e havia uma falta de treinamento regular e abrangente em procedimentos de segurança e resposta a emergências. A avaliação de riscos não foi suficientemente abrangente para identificar as vulnerabilidades críticas nos sistemas de gás e nos procedimentos operacionais. Não foram implementadas medidas eficazes de mitigação para os riscos identificados, deixando a plataforma vulnerável a incidentes graves.

O relatório de investigação do acidente na plataforma Cidade de São Mateus concluiu que o desastre foi o resultado de uma combinação de falhas operacionais, problemas nos equipamentos e sistemas, deficiências no sistema de segurança, cultura de segurança deficiente e gestão inadequada de riscos. As principais recomendações incluídas no relatório foram: melhoria nos procedimentos de manutenção e operação (implementação de procedimentos claros e rigorosos para a operação e manutenção de todos os sistemas críticos, especialmente os relacionados ao gás); reforço dos sistemas de detecção e controle de gás (atualização e melhoria dos sistemas de detecção de gás para garantir uma resposta rápida e eficaz a qualquer vazamento); desenvolvimento de uma cultura de segurança robusta (promoção de uma cultura de segurança que priorize a prevenção de riscos e a segurança operacional sobre a produção); aprimoramento dos treinamentos de segurança (realização de treinamentos regulares e abrangentes para todos os trabalhadores, focados em procedimentos de segurança e resposta a emergências); e revisão e melhoria da gestão de riscos (realização de avaliações de riscos mais abrangentes e implementação de medidas de mitigação eficazes para todos os riscos identificados).

3.2 Tabulação e análise de causas raízes em incidentes na indústria do petróleo

As categorias escolhidas para o Quadro de causas raízes foram baseadas na técnica de RCA, complementada por metodologias de análise de segurança industrial, como a FMEA e a Análise de Árvore de Falhas, em inglês: *Fault Tree Analysis* (FTA). Essas técnicas são amplamente utilizadas na indústria de petróleo e gás para identificar e categorizar as causas de falhas e incidentes.

Critérios de Escolha das Categorias:

1. Falhas de Comunicação:

- a. **Critério:** Identificação de problemas de comunicação entre equipes, operadores e sistemas.
- b. **Justificativa:** A comunicação inadequada é frequentemente um fator contribuinte em muitos acidentes industriais.

2. Inadequação de Manutenção:

- a. **Critério:** Falhas relacionadas à manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos.
- b. **Justificativa:** A manutenção inadequada é uma causa raiz comum em falhas de equipamentos e sistemas.

3. Procedimentos Operacionais Deficientes:

- a. **Critério:** Inadequação ou ausência de procedimentos operacionais e de emergência.
- b. **Justificativa:** Procedimentos inadequados ou não seguidos corretamente podem levar a falhas operacionais críticas.

4. Falhas de Supervisão e Treinamento:

- a. **Critério:** Problemas na supervisão e na capacitação dos operadores.
- b. **Justificativa:** Supervisão e treinamento insuficientes podem resultar em operadores despreparados e decisões inadequadas.

5. Decisões Gerenciais Inadequadas:

- a. **Critério:** Decisões tomadas por gerentes e supervisores que contribuíram para o incidente.
- b. **Justificativa:** Decisões inadequadas, especialmente sob pressão, são fatores contribuintes significativos em muitos acidentes.

6. Falhas em Sistemas de Barreira:

- a. **Critério:** Falhas em sistemas de segurança projetados para prevenir ou mitigar incidentes.
- b. **Justificativa:** Barreiras de segurança são fundamentais para a prevenção de acidentes e sua falha pode ter consequências graves.

7. Problemas Estruturais:

- a. **Critério:** Falhas relacionadas à integridade estrutural das instalações e equipamentos.
- b. **Justificativa:** Problemas estruturais podem levar a falhas catastróficas, como colapsos e vazamentos.

8. Erros Humanos:

- a. **Critério:** Ações ou omissões humanas que contribuíram diretamente para o incidente.
- b. **Justificativa:** O erro humano é uma causa raiz frequente em incidentes industriais e precisa ser compreendido e mitigado.

9. Design Deficiente:

- a. **Critério:** Problemas relacionados ao *design* inadequado de sistemas, equipamentos ou instalações.
- b. **Justificativa:** Um *design* deficiente pode levar a falhas operacionais e riscos não identificados.

10. Falha no Projeto e Execução do Poço:

- a. **Critério:** Falhas específicas relacionadas ao *design* e execução de poços de petróleo.

- b. **Justificativa:** A execução inadequada pode levar a *blowouts* e outros problemas sérios de segurança.

11. Falhas Operacionais e Procedimentais:

- a. **Critério:** Erros e omissões nas operações e procedimentos.
- b. **Justificativa:** Falhas operacionais são frequentemente a última linha de defesa contra incidentes.

12. Cultura de Segurança Deficiente:

- a. **Critério:** Problemas relacionados à cultura organizacional de segurança.
- b. **Justificativa:** Uma cultura de segurança deficiente pode levar a uma complacência e aumento dos riscos operacionais.

13. Falhas nos Sistemas de Segurança:

- a. **Critério:** Falhas nos sistemas implementados para garantir a segurança das operações.
- b. **Justificativa:** Sistemas de segurança falhos podem não mitigar riscos de maneira eficaz.

14. Gestão de Riscos Deficiente:

- a. **Critério:** Problemas na identificação, avaliação e mitigação de riscos.
- b. **Justificativa:** Uma gestão de riscos inadequada pode resultar em exposição a perigos não mitigados.

3.3 Aplicação da metodologia no quadro de causas raízes

O Quadro 2 a seguir é organizado com base nessas categorias, fornecendo uma visão clara das causas raízes dos incidentes analisados neste capítulo:

Quadro 2 – Quadro de Causas Raízes

Incidente	Causa Raiz	Categoria
Alexander L. Kielland	Manutenção e inspeção inadequada	Inadequação de Manutenção
	<i>Design</i> deficiente das estruturas	<i>Design</i> Deficiente
	Cultura de segurança deficiente	Cultura de Segurança Deficiente
	Procedimentos operacionais inadequados	Procedimentos Operacionais Deficientes
Enchova	Falhas na resposta a emergências	Procedimentos Operacionais Deficientes
	Cultura de segurança deficiente	Cultura de Segurança Deficiente
	Falhas nos sistemas de segurança	Falhas nos Sistemas de Segurança
Piper Alpha	Falhas na gestão de mudanças	Falhas de Comunicação
	Falhas na manutenção	Inadequação de Manutenção
	Comunicação inadequada entre equipes	Falhas de Comunicação
	<i>Design</i> deficiente das plataformas	<i>Design</i> Deficiente
	Falhas nos sistemas de segurança	Falhas nos Sistemas de Segurança
P-36	Procedimentos operacionais inadequados	Procedimentos Operacionais Deficientes
	Falhas na supervisão	Falhas de Supervisão e Treinamento
	Decisões gerenciais inadequadas	Decisões Gerenciais Inadequadas
	Cultura de segurança deficiente	Cultura de Segurança Deficiente
Montara	Controle inadequado de poço	Falha no Projeto e Execução do Poço
	Falhas na gestão de riscos	Gestão de Riscos Deficiente
	Falhas nos procedimentos operacionais	Falhas Operacionais e Procedimentais
	<i>Design</i> deficiente do poço	<i>Design</i> Deficiente
Macondo	Decisões gerenciais inadequadas sob pressão	Decisões Gerenciais Inadequadas
	Falhas nos sistemas de barreira	Falhas em Sistemas de Barreira
	Falhas operacionais e procedimentais	Falhas Operacionais e Procedimentais
	Falha no projeto e execução do poço	Falha no Projeto e Execução do Poço
	Gestão de riscos deficiente	Gestão de Riscos Deficiente
Frade	Inadequação no monitoramento do poço	Falhas de Supervisão e Treinamento
	Falhas na resposta a vazamentos	Procedimentos Operacionais Deficientes
	Decisões gerenciais inadequadas	Decisões gerenciais inadequadas
	Comunicação inadequada	Falhas de Comunicação
	Manutenção e inspeções deficientes	Inadequação de Manutenção
	Gestão de riscos deficiente	Gestão de Riscos Deficiente
Cidade de São Mateus	Explosão devido a vazamento de gás	Falhas em Sistemas de Barreira
	Falta de treinamento	Falhas de Supervisão e Treinamento
	Procedimentos de emergência inadequados	Procedimentos Operacionais Deficientes

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao se categorizar as causas raízes, obtém-se o gráfico a seguir, apresentando quantas vezes cada causa raiz foi identificada nas amostras estudadas.

Gráfico 1 – Principais causas raízes identificadas através dos relatórios de investigação de incidentes analisados e suas reincidências



Fonte: Elaborado pelo autor.

A aplicação desses critérios na organização das causas raízes proporciona uma visão estruturada e facilita a identificação de padrões e áreas críticas para intervenções preventivas. Serão destacadas abaixo as três causas com o maior número de incidências na análise dos relatórios de incidentes selecionados.

3.4 Identificação de fatores humanos como causa raiz nos eventos selecionados

Os exemplos selecionados sublinham a importância de entender os fatores humanos no contexto da segurança operacional. As falhas humanas frequentemente resultam de uma combinação de fatores organizacionais, culturais e individuais. Portanto, a mitigação desses riscos requer uma abordagem holística que aborde não apenas o comportamento dos trabalhadores, mas também a estrutura organizacional e os processos de tomada de decisão. Conforme destacado por Reason (1997), os acidentes não são causados por falhas isoladas de indivíduos, mas são o produto de sistemas organizacionais e gerenciais defeituosos.

Todos estes acidentes, considerados tragédias significativas na indústria do petróleo, compartilham um elemento crucial: os fatores humanos entre suas causas raiz. Estes fatores, que incluem falhas de comunicação, tomada de decisão inadequada, treinamento insuficiente, cultura organizacional deficiente e desconsideração das normas de segurança, são intrinsecamente presentes em acidentes devido à complexidade e à natureza das operações *offshore*. Analisar esses eventos sob a lente dos fatores humanos revela padrões comuns que podem oferecer lições valiosas para prevenir futuros incidentes, independentemente da empresa ou do país.

Na análise dos incidentes selecionados, "Procedimentos Operacionais Deficientes" apareceu como causa raiz em cinco eventos analisados, destacando sua importância crítica na segurança operacional. Procedimentos operacionais inadequados referem-se a falhas ou deficiências nos procedimentos estabelecidos para a operação segura e eficiente de uma instalação industrial. Esses procedimentos são essenciais para guiar as ações dos operadores e garantir que todas as operações sejam conduzidas de maneira segura e consistente. Quando esses procedimentos são inadequados, podem surgir vários problemas que afetam as pessoas, os processos e as instalações.

Para as pessoas, procedimentos operacionais inadequados podem resultar em confusão, erros e aumento do estresse. Operadores e trabalhadores que não têm diretrizes claras podem cometer erros críticos, levando a acidentes e ferimentos. A falta de procedimentos claros pode resultar em uma comunicação deficiente entre as equipes, aumentando ainda mais o risco de erros humanos. Por exemplo, no desastre da plataforma Piper Alpha, a falta de procedimentos operacionais claros e comunicação inadequada entre as equipes foram fatores cruciais que contribuíram para a tragédia (Cullen, 1990).

Os processos operacionais também sofrem quando os procedimentos são inadequados. Processos mal definidos podem levar a ineficiências, desperdícios e inconsistências na produção. Isso pode resultar em tempo de inatividade, perda de produtividade e aumento dos custos operacionais. Além disso, procedimentos inadequados podem impedir a identificação precoce de problemas, permitindo que pequenos incidentes evoluam para grandes desastres.

Para a instalação, os impactos de procedimentos operacionais inadequados podem ser devastadores. A falta de procedimentos claros pode resultar em falhas de

equipamentos, explosões, incêndios e outros incidentes graves que comprometem a integridade da instalação. Isso pode levar a danos materiais significativos, perda de ativos e interrupções prolongadas nas operações

Além disso, procedimentos operacionais inadequados podem afetar a cultura de segurança dentro de uma organização. Quando os trabalhadores percebem que os procedimentos não são claros, inexistentes ou são inconsistentes, podem desenvolver uma atitude de complacência ou desrespeito às normas de segurança. Isso cria um ambiente onde as violações de segurança se tornam mais comuns e aceitáveis, aumentando ainda mais o risco de incidentes. A tragédia da Alexander L. Kielland, onde falhas na cultura de segurança e manutenção inadequada foram fatores contribuintes, ilustra como a negligência dos procedimentos operacionais pode ter consequências fatais (HSE, 1981).

A cultura de segurança deficiente foi identificada como uma causa raiz significativa em quatro dos acidentes analisados. Ela se refere a atitudes, crenças, percepções e valores compartilhados em uma organização que determinam o comprometimento com a segurança. Quando a cultura de segurança é inadequada, os impactos podem ser profundos e abrangentes, afetando não apenas as pessoas, mas também os processos, a integridade da instalação e a imagem da empresa.

Para as pessoas, uma cultura de segurança deficiente pode resultar em comportamentos arriscados e negligência das normas de segurança. Quando os trabalhadores não percebem a segurança como uma prioridade da empresa, eles podem subestimar os riscos e não seguir procedimentos de segurança críticos. Isso aumenta significativamente a probabilidade de acidentes e ferimentos. Por exemplo, no desastre da plataforma Piper Alpha, a investigação revelou que a cultura de segurança era inadequada, com uma ênfase insuficiente na segurança e comunicação falha entre as equipes, contribuindo para a magnitude da tragédia (Cullen, 1990).

Os processos operacionais também são profundamente afetados por uma cultura de segurança deficiente. Quando a segurança não é vista como uma prioridade, os procedimentos e protocolos de segurança podem ser negligenciados ou seguidos de forma inadequada. Isso pode levar a falhas nos processos, ineficiências e incidentes que poderiam ter sido evitados com uma abordagem mais rigorosa à segurança.

A integridade da instalação também está em risco quando a cultura de segurança é deficiente. Instalações mal geridas e com manutenção inadequada são mais propensas a falhas catastróficas. A falta de uma cultura de segurança robusta pode resultar em manutenção deficiente, inspeções inadequadas e uma falta de investimento em melhorias de segurança.

Além dos impactos imediatos nas pessoas e nos processos, a imagem da empresa também sofre quando a cultura de segurança é deficiente. Acidentes graves e recorrentes não apenas afetam a reputação da empresa, mas também podem resultar em perda de confiança por parte do público, investidores e reguladores. Empresas com uma imagem pública de negligência em segurança enfrentam desafios significativos em termos de relações públicas e podem sofrer impactos financeiros severos. O desastre da plataforma P-36, por exemplo, resultou em uma perda de confiança na capacidade da Petrobras de gerenciar operações seguras, afetando sua imagem e valor de mercado (ANP, 2001).

Por fim, a gestão de risco, também presente como causa raiz em quatro eventos analisados, é um processo sistemático de identificação, avaliação e controle de riscos potenciais que podem impactar negativamente uma organização. Na indústria do petróleo e gás, a gestão de risco é crucial devido à natureza perigosa e complexa das operações. Ela envolve a utilização de várias ferramentas e técnicas para prever, mitigar e monitorar riscos, garantindo a segurança dos trabalhadores, a integridade das instalações e a continuidade dos processos operacionais.

Ferramentas comuns de gestão de risco incluem FMEA, Análise de Riscos e Operabilidade, em inglês: *Hazard and Operability Study* (HAZOP), Árvores de Falhas e Árvores de Eventos. Cada uma dessas ferramentas oferece uma abordagem estruturada para identificar e avaliar riscos. Por exemplo, o HAZOP é amplamente utilizado na indústria do petróleo para identificar perigos potenciais em processos químicos e operacionais complexos, analisando sistematicamente os desvios em cada etapa do processo e suas possíveis consequências (Mannan, 2012).

Além dessas ferramentas, estudos específicos realizados em plataformas de petróleo desempenham um papel crucial na gestão de riscos. Entre esses estudos estão a Análise de Risco de Explosão e Incêndio, em inglês: *Fire and Explosion Risk Analysis* (FERA), a Avaliação de Risco de Evacuação, Escape e Resgate, em inglês: *Evacuation, Escape, and Rescue Analysis* (EERA), o Estudo de Dispersão de Gases e a Análise das Barreiras de Segurança. A FERA, por exemplo, é utilizada para

avaliar os riscos associados a explosões e incêndios em instalações *offshore*, ajudando a identificar medidas preventivas e mitigatórias para reduzir esses riscos (OGP, 2010). A EERA avalia os procedimentos e equipamentos necessários para garantir a evacuação segura, escape e resgate dos trabalhadores em caso de emergência, fornecendo recomendações essenciais para melhorar a segurança operacional (ABS Consulting, 2020). O Estudo de Dispersão de Gases é crítico para entender como os gases perigosos podem se espalhar em uma plataforma e quais medidas devem ser implementadas para minimizar os riscos de inalação ou explosão (DNV GL, 2015).

A importância de atender às recomendações desses estudos não pode ser subestimada. As recomendações fornecem diretrizes específicas para melhorar a segurança e reduzir os riscos. Implementar essas recomendações ajuda a garantir que todos os aspectos de segurança foram considerados e que medidas apropriadas estão em vigor para proteger os trabalhadores e as instalações.

A importância da gestão de risco na indústria do petróleo não pode ser subestimada. Ela garante que os riscos sejam identificados e mitigados antes que se tornem problemas graves. Uma gestão de risco eficaz pode prevenir acidentes, minimizar interrupções operacionais e proteger os ativos da empresa. No entanto, quando a gestão de risco é deficiente, os impactos podem ser devastadores.

Para as pessoas, a falta de uma gestão de risco adequada pode resultar em acidentes graves e ferimentos. Sem a identificação e controle apropriados dos riscos, os trabalhadores estão mais expostos a perigos, como explosões, vazamentos de gás e outros incidentes críticos. O desastre de Macondo, por exemplo, destacou a importância crucial da gestão de risco, onde falhas significativas na avaliação e mitigação dos riscos resultaram na perda de vidas e danos ambientais extensivos (National Commission, 2011).

Os processos operacionais também sofrem quando a gestão de risco é deficiente. Processos mal geridos e riscos não identificados podem levar a interrupções, ineficiências e aumento dos custos operacionais. A falta de uma abordagem sistemática para gerenciar riscos pode resultar em falhas imprevistas e paralisações prolongadas.

Para a instalação, os impactos de uma gestão de risco deficiente podem incluir danos estruturais significativos, perda de ativos e altos custos de reparação.

Instalações que não implementam práticas robustas de gestão de risco estão mais vulneráveis a incidentes graves que podem comprometer sua integridade física.

3.5 Implicações legais e regulatórias no Brasil

As implicações legais e regulatórias de acidentes na exploração de petróleo e gás no Brasil são vastas e complexas, abrangendo uma ampla gama de responsabilidades e consequências para as empresas envolvidas. No país, a legislação e as regulamentações que governam essa indústria abrangem diversas esferas, incluindo ambiental, trabalhista, penal e civil. Desde a reparação de danos ambientais e a garantia da segurança dos trabalhadores até o pagamento de multas substanciais e a compensação financeira por lucros cessantes, os impactos de tais incidentes são profundos e duradouros. A legislação brasileira, com suas disposições abrangentes sobre responsabilidade ambiental e segurança operacional, busca mitigar esses riscos e promover uma cultura de segurança robusta na indústria. No entanto, a contínua evolução das normas e regulamentos, impulsionada por incidentes significativos, é essencial para garantir a segurança e a sustentabilidade das operações *offshore* no Brasil.

A abordagem rigorosa das agências reguladoras, aliada à responsabilidade objetiva e ao princípio do poluidor-pagador, tem sido eficaz na promoção da conformidade com as normas de segurança e proteção ambiental.

As principais implicações legais e regulatórias de acidentes na exploração de petróleo e gás no Brasil podem ser analisadas em várias frentes: meio ambiente, segurança e saúde ocupacional, sanções administrativas e penais, e implicações financeiras, incluindo indenizações e lucros cessantes.

3.6 Impacto ambiental e responsabilidade legal

Acidentes na exploração de petróleo e gás podem causar danos ambientais significativos, como derramamentos de óleo e poluição dos ecossistemas marinhos. A legislação brasileira prevê responsabilidades rigorosas para empresas que causam tais danos. A Lei nº 9.605/1998, conhecida como Lei de Crimes Ambientais, estabelece sanções para condutas lesivas ao meio ambiente, incluindo multas, restrições de direitos e, em casos graves, a suspensão das atividades. A

responsabilidade objetiva, prevista na Lei nº 6.938/1981, implica que a empresa deve reparar os danos ambientais independentemente de culpa.

Segundo Machado (2019), a responsabilidade ambiental no Brasil é objetiva, o que significa que a empresa responsável pelo dano deve repará-lo independentemente de culpa. Isso é reforçado pelo princípio do poluidor-pagador, que obriga o responsável a arcar com os custos da reparação ambiental (Milaré, 2020). Em casos de acidentes significativos, como derramamentos de óleo, as empresas podem ser obrigadas a realizar a descontaminação das áreas afetadas, reabilitação da fauna e flora, e monitoramento ambiental de longo prazo.

3.7 Segurança e saúde ocupacional

A Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) também impõe obrigações às empresas para garantir um ambiente de trabalho seguro. Acidentes que resultam em ferimentos ou mortes podem levar a ações trabalhistas, indenizações por danos morais e materiais e multas administrativas.

De acordo com a CLT, as empresas devem fornecer EPIs, realizar treinamentos regulares e adotar medidas preventivas de segurança. A inobservância dessas obrigações pode resultar em ações judiciais e penalidades impostas pelo MTE. Além disso, a ANP regula a segurança operacional das atividades de exploração e produção, exigindo que as empresas implementem práticas de gestão de risco e segurança.

3.8 Sanções administrativas e penais

A ANP tem a autoridade para aplicar multas e outras sanções administrativas às empresas que violam os regulamentos de segurança e proteção ambiental. A Resolução ANP nº 851/2021 estabelece critérios para a aplicação de penalidades, que podem incluir multas substanciais e a suspensão das atividades. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) também pode aplicar sanções em casos de danos ambientais, conforme a Lei de Crimes Ambientais.

Milaré (2020) destaca que as sanções administrativas têm um papel dissuasório importante, incentivando as empresas a adotarem práticas seguras e

sustentáveis. A aplicação rigorosa de multas e penalidades administrativas pela ANP e pelo IBAMA tem sido um instrumento eficaz para garantir a conformidade com as normas de segurança e proteção ambiental.

Além das sanções administrativas, acidentes graves podem levar a consequências penais para os responsáveis. A Lei de Crimes Ambientais prevê penas de prisão para indivíduos cujas ações ou omissões resultem em danos significativos ao meio ambiente. A responsabilização penal visa não apenas punir os infratores, mas também prevenir futuros incidentes através da imposição de uma cultura de responsabilidade.

3.9 Implicações financeiras

Os acidentes na indústria de petróleo e gás também acarretam implicações financeiras significativas. Uma das principais consequências é a perda de lucros devido à interrupção das operações. Quando uma plataforma de petróleo é danificada ou precisa ser desativada para reparos, a produção é interrompida, resultando em perdas financeiras substanciais. Além disso, as empresas podem ser obrigadas a compensar financeiramente as comunidades e outras partes afetadas pelo acidente.

A responsabilidade por lucros cessantes e compensações financeiras está bem estabelecida na jurisprudência brasileira. As empresas podem enfrentar ações civis coletivas movidas por grupos de interesse público, resultando em compensações financeiras substanciais. Benjamin (2018) observa que a jurisprudência tem evoluído para garantir que as empresas sejam responsabilizadas pelas consequências econômicas de seus atos, incentivando a adoção de práticas de gestão de risco mais robustas.

Além das implicações legais e financeiras, acidentes na exploração de petróleo e gás podem ter um impacto duradouro na reputação das empresas e em sua licença social para operar. A confiança do público e das partes interessadas é crucial para a continuidade das operações, e incidentes significativos podem prejudicar essa confiança. As empresas podem enfrentar boicotes, pressão de investidores e dificuldades para obter licenças operacionais futuras.

A resposta eficaz a incidentes e a transparência na comunicação são fundamentais para mitigar os danos à reputação. Empresas que demonstram

responsabilidade e compromisso com a segurança e a proteção ambiental podem recuperar a confiança mais rapidamente. A gestão eficaz da crise e a implementação de medidas corretivas são essenciais para restaurar a confiança das partes interessadas e da comunidade em geral.

3.10 Reforço da legislação e melhoria das práticas de segurança

Acidentes significativos frequentemente levam a mudanças regulatórias e à melhoria das práticas de segurança. No Brasil, incidentes na indústria de petróleo e gás têm servido como catalisadores para reformas regulatórias. Por exemplo, o acidente com a plataforma P-36 em 2001 levou a uma revisão abrangente das normas de segurança *offshore* e à implementação de novos regulamentos pela ANP. Esses regulamentos exigem práticas mais robustas de gestão de risco e segurança, incluindo auditorias regulares e planos de emergência detalhados.

A cooperação internacional e a adoção de melhores práticas internacionais também são fundamentais. O Brasil tem se alinhado com padrões internacionais estabelecidos por organizações como a Organização Internacional do Trabalho (OIT) e a OMI. Essa harmonização de normas contribui para a melhoria da segurança e da gestão ambiental na indústria de petróleo e gás.

4 MITIGAÇÃO DE INCIDENTES RELACIONADOS A FATORES HUMANOS: ANÁLISE DE REGULAMENTAÇÕES E INDICADORES DE COMPARAÇÃO NA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO E GÁS

Este capítulo investigará como os diferentes setores regulamentam e implementam práticas destinadas a mitigar as causas dos incidentes relacionadas aos fatores humanos na perfuração e produção de petróleo e gás no Brasil. Serão apresentados os principais aspectos e desafios enfrentados pelas empresas na aplicação dessas regulamentações. O objetivo é fornecer uma compreensão abrangente das melhores práticas e das áreas que necessitam de melhorias para a prevenção eficaz de incidentes no setor de petróleo e gás.

4.1 A importância do Estado de Direito

O conceito de Estado como criador de leis, regulador do mercado e das atividades humanas é fundamental para compreender a estrutura e o funcionamento das sociedades modernas. Sob um perfil jurídico, administrativo e executivo, o Estado desempenha múltiplas funções que garantem a ordem, a justiça, o bem-estar social e o desenvolvimento econômico.

O conceito de Estado de Direito é fundamental para a compreensão do papel do Estado na criação de leis, na regulação do mercado e na execução das políticas públicas. Bobbio (2007) aduz que o Estado de Direito é aquele em que o poder estatal é limitado por normas jurídicas e em que os direitos e liberdades dos cidadãos são garantidos e protegidos. No Estado de Direito, todas as ações do Estado devem estar em conformidade com a lei, e os direitos fundamentais dos cidadãos devem ser respeitados.

A existência de um sistema jurídico sólido e eficaz é essencial para a promoção da justiça e para a proteção dos direitos dos cidadãos. De acordo com Montesquieu (1989), as leis são as condições sob as quais os homens, independentes e isolados, se reúnem em sociedade, e a justiça é a primeira virtude do Estado. Portanto, o Estado tem a responsabilidade de criar e aplicar leis justas, que promovam o bem-estar social e a proteção dos direitos humanos.

4.2 O Estado como normatizador

A criação de leis é uma das funções primordiais do Estado, sendo essencial para a manutenção da ordem e da justiça na sociedade. Bobbio (2007) relata que o direito é um conjunto de normas que regulam a vida em sociedade e cuja observância é garantida pela força coercitiva do Estado. A criação de leis envolve um processo legislativo complexo que passa por várias etapas e envolve diferentes órgãos do poder estatal, principalmente o Legislativo.

O processo legislativo geralmente começa com a proposição de um projeto de lei, que pode ser apresentado por membros do Legislativo, do Executivo ou por iniciativa popular. Após sua apresentação, o projeto é debatido e votado pelas casas legislativas (Câmara dos Deputados e Senado, no caso brasileiro). Se aprovado, o projeto é encaminhado ao Executivo, que pode sancioná-lo ou vetá-lo. Uma vez sancionada, a lei é promulgada e publicada, entrando em vigor após o período de *vacatio legis*, se houver.

Kelsen (2012) argumenta que a função legislativa é a mais nobre das funções estatais, pois dela emanam as normas que irão reger a conduta dos indivíduos e das instituições. Assim, a criação de leis é um processo essencial para a organização da sociedade e para a definição dos direitos e deveres dos cidadãos. No Brasil, a CF/88 é o documento jurídico máximo que estabelece as bases para a criação de leis e define os direitos e garantias fundamentais dos cidadãos. A Constituição é a norma suprema do ordenamento jurídico, e todas as demais leis devem estar em conformidade com seus princípios.

4.3 O Estado como regulador do mercado

A regulação do mercado é outra função essencial do Estado, necessária para garantir a concorrência justa, proteger os consumidores e assegurar a estabilidade econômica. Segundo Bandeira de Mello (2015), a regulação é uma forma de intervenção estatal que visa corrigir falhas de mercado, proteger interesses difusos e promover o desenvolvimento econômico sustentável.

A regulação do mercado envolve a criação de agências reguladoras e a implementação de políticas públicas que orientem o comportamento dos agentes econômicos. As agências reguladoras no Brasil, como a ANP, são responsáveis por

emitir normas técnicas, fiscalizar o cumprimento das leis e regular os setores específicos da economia. Essas agências possuem autonomia administrativa e financeira, permitindo-lhes atuar de forma imparcial e eficiente.

A atuação regulatória do Estado é justificada pela Teoria da Regulação Econômica, que argumenta que a intervenção estatal é necessária para corrigir as falhas de mercado que impedem o funcionamento eficiente da economia. Silva (2018) afirma que o mercado, por si só, não é capaz de garantir a distribuição equitativa de recursos, a proteção dos consumidores e a preservação do meio ambiente. Portanto, a regulação estatal é essencial para promover o bem-estar social e a justiça econômica.

A Lei nº 8.078/1990, conhecida como Código de Defesa do Consumidor (CDC), é um exemplo de regulação estatal que visa proteger os direitos dos consumidores e assegurar a transparência nas relações de consumo. Esta lei estabelece normas de conduta para fornecedores e consumidores, criando mecanismos de proteção e defesa dos interesses dos consumidores. A atuação do Estado como regulador do mercado é, portanto, fundamental para a garantia dos direitos dos cidadãos e para o funcionamento eficiente da economia.

4.4 Arcabouço legal e o papel do Estado na indústria do petróleo

O arcabouço legal que rege a indústria do petróleo no Brasil é uma estrutura complexa e abrangente, destinada a regular as atividades de exploração, produção, refino, transporte e comercialização de petróleo e seus derivados. Este conjunto de normas é essencial para garantir a segurança, a proteção ambiental, a competitividade e a eficiência do setor. O papel do Estado, através de suas diversas agências reguladoras e legislações específicas, é central para a manutenção da ordem, justiça e desenvolvimento sustentável da indústria do petróleo.

O papel do Estado na indústria do petróleo é multifacetado, abrangendo funções regulatórias, fiscalizadoras e promotoras do desenvolvimento sustentável. A intervenção estatal é essencial para assegurar que as atividades do setor sejam realizadas de acordo com os princípios de legalidade, eficiência, transparência e sustentabilidade.

A ANP é a principal agência reguladora, responsável por emitir normas técnicas e operacionais, monitorar a execução dos contratos de concessão e

partilha, e assegurar que as empresas cumpram com as exigências legais e contratuais. A atuação da ANP é essencial para garantir a segurança operacional e a proteção ambiental, além de promover a competição justa no setor.

De acordo com Santos (2016), a regulação eficaz pela ANP é um dos pilares que sustentam a estabilidade e a previsibilidade do ambiente de negócios no setor de petróleo e gás no Brasil. A agência atua de maneira preventiva e corretiva, realizando auditorias e inspeções regulares, e aplicando sanções administrativas em casos de não conformidade.

Além da ANP, outras entidades governamentais, como o IBAMA, têm papéis cruciais na fiscalização ambiental das atividades de petróleo e gás. O IBAMA é responsável por emitir licenças ambientais e monitorar o cumprimento das normas ambientais, impondo multas e outras sanções em caso de infrações.

A fiscalização das condições de trabalho é realizada pelo MTE, em conjunto com a ANP. As empresas são obrigadas a implementar programas de segurança e saúde ocupacional, realizar treinamentos regulares e adotar medidas preventivas para minimizar os riscos de acidentes.

4.5 O papel do Estado e das autarquias

O Estado e as autarquias, como a ANP, têm um papel crucial na criação de um ambiente regulatório que promova a segurança, a eficiência e a sustentabilidade das operações de petróleo. No entanto, para cumprir esse papel de forma eficaz, é necessário superar as limitações e lacunas identificadas.

Uma das principais formas de melhorar o processo de criação de leis é aumentar a participação pública e a transparência. A consulta pública e a participação da sociedade civil no processo legislativo podem contribuir para a criação de normas mais justas e eficazes. Segundo Faria (2015), a participação pública é um elemento essencial da democracia e pode contribuir para a melhoria da qualidade das leis e para a legitimação do processo legislativo.

Em relação à fiscalização, é fundamental aumentar os recursos destinados às agências reguladoras e melhorar a capacitação dos fiscais. A adoção de novas tecnologias e métodos de monitoramento pode aumentar a eficiência e a eficácia da fiscalização. Gonçalves (2016) destaca que o uso de tecnologias de monitoramento

remoto e análise de dados pode melhorar significativamente a capacidade das agências reguladoras de detectar e corrigir irregularidades.

4.6 O papel do Estado e suas limitações

As principais limitações, lacunas e falhas do Estado, ANP e demais autarquias no processo de criação de leis e fiscalização na indústria do petróleo são questões de grande relevância e impacto para o setor energético brasileiro. Essas falhas comprometem a segurança, a eficiência e a transparência das operações, além de afetarem a confiança dos investidores e a percepção pública sobre a gestão dos recursos naturais do país.

O processo de criação de leis no Brasil é frequentemente criticado por sua complexidade, morosidade e falta de clareza. A burocracia excessiva e a politização do processo legislativo são apontadas como grandes obstáculos. Segundo Bandeira de Mello (2015), a proliferação de normas, muitas vezes contraditórias e sobrepostas, resulta em um emaranhado legislativo que dificulta a compreensão e a aplicação das leis. No setor do petróleo, essa situação é agravada pela necessidade de conciliar interesses econômicos, ambientais e sociais.

A CF/88 estabelece um processo legislativo detalhado, que envolve diversas etapas e atores, desde a proposição de projetos de lei até sua aprovação e sanção. No entanto, esse processo pode ser extremamente lento e sujeito a influências políticas que nem sempre refletem o interesse público. Godoy (2014) aduz que a influência de grupos de interesse no processo legislativo pode resultar em normas que atendem a interesses específicos em detrimento do bem comum.

Outro ponto crítico é a falta de integração e harmonização entre as normas federais, estaduais e municipais. Essa fragmentação legislativa pode gerar conflitos de competência e dificuldades na implementação de políticas públicas eficazes. De acordo com Machado (2017), a ausência de uma coordenação efetiva entre os diferentes níveis de governo resulta em lacunas e sobreposições normativas que comprometem a segurança jurídica e a eficácia regulatória.

4.7 O Estado como agente fiscalizador

A fiscalização das atividades na indústria do petróleo é uma função essencial do Estado e das autarquias como a ANP. No entanto, há diversas limitações que comprometem a eficácia dessa fiscalização. A primeira delas é a insuficiência de recursos humanos e materiais. Segundo Almeida (2016), a ANP enfrenta desafios significativos em termos de pessoal e infraestrutura, o que limita sua capacidade de monitorar e fiscalizar adequadamente as operações de petróleo e gás.

Além disso, a qualificação e treinamento dos fiscais são pontos críticos. A complexidade técnica das operações de petróleo exige um alto nível de conhecimento especializado, que nem sempre é disponível ou suficientemente incentivado pelo Estado. Como apontado por Silva (2018), a capacitação inadequada dos agentes de fiscalização compromete a qualidade das inspeções e a capacidade de detectar e corrigir irregularidades.

A independência e autonomia das agências reguladoras também são frequentemente questionadas. A interferência política pode minar a imparcialidade e a eficácia da fiscalização. Bresser-Pereira (2014) aduz que a autonomia das agências reguladoras é fundamental para garantir uma regulação eficiente e imparcial, livre de pressões políticas e econômicas. No entanto, a dependência financeira e administrativa das agências em relação ao governo central pode comprometer essa autonomia.

4.7.1 Principais problemas do processo regulação – fiscalização – ação

Um dos principais problemas na legislação e na fiscalização do setor de petróleo no Brasil diz respeito à proteção ambiental. A legislação ambiental brasileira, embora abrangente, muitas vezes carece de mecanismos efetivos de implementação e fiscalização. Magalhães (2013) afirma a aplicação das normas ambientais enfrenta desafios significativos, incluindo a falta de recursos, a corrupção e a pressão de interesses econômicos poderosos.

Outro ponto crítico é a gestão de riscos e a prevenção de acidentes. A legislação brasileira, representada por normas como a NR-37 e o regulamento SGSO da ANP, estabelece requisitos rigorosos para a segurança das operações de petróleo. No entanto, a aplicação dessas normas nem sempre é eficaz. Moreira

(2019) aduz que a falta de fiscalização rigorosa e a cultura de complacência em relação aos riscos operacionais são fatores que contribuem para a ocorrência de acidentes na indústria do petróleo.

A transparência e a prestação de contas também são áreas com significativas lacunas. A falta de transparência nas operações e nas decisões regulatórias pode comprometer a confiança do público e dos investidores. Lima (2015) ensina que a transparência é um princípio fundamental da administração pública, mas sua aplicação no setor de petróleo é frequentemente limitada pela falta de acesso a informações e pela complexidade dos processos decisórios.

As falhas na criação de leis e na fiscalização das atividades de petróleo têm diversas implicações jurídicas. A primeira delas é a insegurança jurídica. A fragmentação e a complexidade do arcabouço normativo criam um ambiente de incerteza para as empresas, que muitas vezes enfrentam dificuldades para compreender e cumprir todas as exigências legais. Segundo Amaral (2018), a insegurança jurídica é um dos principais obstáculos ao investimento no setor de petróleo, pois aumenta os custos e os riscos das operações.

Outra implicação importante é a responsabilidade civil e penal. As empresas e os gestores podem ser responsabilizados por danos ambientais, acidentes de trabalho e outras irregularidades. A Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998) e a Lei de Responsabilidade Civil Ambiental estabelecem sanções rigorosas para os responsáveis por danos ambientais. De acordo com Fiorillo (2017), a responsabilidade civil e penal por danos ambientais é um instrumento fundamental para garantir a reparação dos danos e a prevenção de novas ocorrências.

Além disso, as falhas na fiscalização podem resultar em multas e sanções administrativas. A ANP tem o poder de aplicar sanções às empresas que descumprirem as normas regulatórias, incluindo multas, suspensão de atividades e até a revogação de licenças. Segundo a própria ANP (2019), a aplicação de sanções é um instrumento essencial para garantir o cumprimento das normas e a segurança das operações.

4.8 Limitações no cumprimento das legislações e regulamentos por parte das empresas

Para escrever sobre as principais limitações, lacunas e falhas das empresas operadoras de contratos e instalações produtoras de petróleo no cumprimento das legislações e regulações do setor, é fundamental analisar diversos aspectos legais, operacionais e gerenciais que permeiam essa temática complexa.

As empresas operadoras de contratos e instalações produtoras de petróleo enfrentam diversas limitações no cumprimento das legislações e regulamentos do setor. Uma das principais limitações é a falta de conscientização e comprometimento com as normas de segurança. Silva (2016) destaca que algumas empresas ainda não compreendem totalmente a importância do cumprimento das normas de segurança e tendem a priorizar a produção em detrimento da segurança.

Outra limitação é a falta de investimento em tecnologia e infraestrutura adequadas. Muitas empresas operadoras enfrentam dificuldades para manter suas instalações atualizadas e em conformidade com as normas vigentes. Segundo Santos (2018), a falta de investimento em tecnologia pode comprometer a eficácia dos sistemas de segurança e aumentar os riscos de acidentes.

A terceirização é outra maneira de reduzir o risco de acidentes. Desde 1996, a terceirização de serviços no setor petrolífero representa a maioria dos funcionários (DIEESE, 2006). A Federação Única de Petroleiros (FUP) informou que, de 2007 a 2015, 106 petroleiros morreram em acidentes de trabalho nas unidades da Petrobras, sendo 91 deles prestadores de serviço. A própria Petrobras reconhece o fato de que os contratos de terceirização geralmente apresentam fragilidades devido à baixa qualificação dos funcionários contratados. No entanto, do ponto de vista pessoal, as iniciativas de qualificação pessoal são praticamente inviáveis devido à falta de tempo devido às longas jornadas de trabalho e à falta de recursos para financiar as despesas de formação (DIEESE, 2006). A política de qualificação da Petrobras para seus contratados é inviável ou desmotivada pelas empresas terceiras devido à política de contratação pelo menor preço e à duração média de dois anos dos contratos. Além disso, a realidade tem demonstrado que a terceirização, especialmente quando feita em um ambiente recessivo, causa menos empregos, relações de trabalho precárias e preconceitos em relação aos trabalhadores terceirizados (DIEESE, 2006).

4.8.1 Falhas no Regulamento SGSO da ANP

O regulamento do SGSO da ANP estabelece requisitos detalhados para o gerenciamento da segurança operacional nas instalações de petróleo e gás. No entanto, algumas lacunas e falhas podem comprometer a eficácia desse sistema. Uma das lacunas é a falta de especificidade em relação a certos aspectos operacionais. De acordo com Almeida (2018), o regulamento do SGSO da ANP é abrangente, mas em alguns casos, a falta de detalhamento pode gerar interpretações divergentes e dificultar a implementação prática das normas.

Em 2023, após uma análise aprofundada do histórico de dados relativos às não conformidades emitidas acerca das práticas de gestão de fatores humanos, juntamente com a experiência acumulada dos auditores, ficou evidente para a ANP que o mercado regulado estava enfrentando dificuldades significativas para compreender o significado das sentenças abertas relacionadas a fatores humanos. Essa dificuldade pode ser atribuída, em grande parte, à natureza ampla e muitas vezes vaga do tema fatores humanos. Diante deste cenário, a ANP decidiu empreender uma pesquisa minuciosa e estudar as melhores práticas disponíveis e auditáveis no contexto internacional. O objetivo era apresentar diretrizes mais claras e específicas sobre o que se espera no gerenciamento de fatores humanos, resultando na elaboração de textos e comandos mais precisos na nova regulamentação (Morais; Almeida; Alves, 2023).

Para obter um diagnóstico do que o mercado entendeu sobre as práticas de gestão de fatores humanos Como uma estratégia para alcançar maior precisão e permitir a comparação do diagnóstico, foram feitos pedidos idênticos para uma amostra de plataformas de produção e sondas de perfuração. Os pedidos, realizados em ações de inspeção, foram padronizados para atender aos itens (4.2.1.1, 10.3.b e 12.3.e) do regulamento técnico do SGSO (Morais; Almeida; Alves, 2023).

O Quadro 3 mostra o que foi solicitado no plano de auditoria, o que se esperava encontrar e o diagnóstico do material apresentado pelos operadores.

Quadro 3 – Documentação solicitada nas auditorias desde 2021, o que o Regulador esperava e a realidade diagnosticada

Documentação solicitada durante a auditoria	Expectativa do Regulador	Diagnóstico da realidade encontrada
<p>[Itens 4.2.1.1 e 10.3.b do SCSO]. Guia de Engenharia de Fatores Humanos da unidade ou corporativa, ou outro documento que apresente as especificações técnicas a serem seguidas pela empresa em relação ao ambiente de trabalho e aos fatores humanos, bem como comprovação da implementação de suas diretrizes.</p>	<p>Que as instalações foram projetadas em conformidade com pelo menos uma das normas / boas práticas listadas em cada uma das sete atividades principais da Engenharia de Fatores Humanos contidas no Anexo D do Relatório IOGP 454. São elas: (i) Análise de requisitos de tarefas; (ii) Análise de criticidade de válvulas; (iii) Triagem e revisão dos pacotes fornecidos; (iv) Análise e revisão da sala de controle; (v) Análise e revisão de interfaces homem-máquina (IHM); (vi) Análise e revisão dos sistemas de alarme e revisão do projeto de layout de instalação</p>	<p>Nenhum dos operadores de instalação auditados em 2022 utilizou integralmente as normas / boas práticas recomendadas de Engenharia de Fatores Humanos mencionadas no Anexo D do Relatório IOGP 454. Um dos temas centrais com menor adesão foi o posicionamento das válvulas manuais de acordo com a criticidade de segurança, para o qual a IOGP sugere o uso da prática ASTM F1166 Capítulo 12. Frequentemente a equipe auditada apresentou, em resposta a esta solicitação, materiais de curso e procedimentos internos contendo apenas a teoria dos fatores humanos, sem qualquer especificação das ferramentas de implementação existentes, como normas e melhores práticas sugeridas por instituições estabelecidas como a IOGP, das quais alguns operadores contratados fazem parte.</p>
<p>[Item 4.2.1.1 e 10.3.b] Análise de tarefas críticas ou outro estudo realizado para estabelecer o quadro mínimo de pessoal na unidade.</p>	<p>Que o número de trabalhadores numa instalação, nomeadamente o número mínimo necessário para operar a instalação com segurança (pessoal mínimo), seja calculado considerando uma análise cuidada das tarefas contidas nos procedimentos operacionais críticos e no plano de resposta a emergências. Que tal tarefa tarefas de análise estava em linha com as melhores práticas do setor para cálculo de análise de cronograma.</p>	<p>O pessoal mínimo foi estimado com base na experiência adquirida em plataformas semelhantes ou apenas no plano de resposta a emergências. Em alguns casos foi feita uma estimativa a partir do número de procedimentos críticos, porém sem considerar o tempo, a carga de trabalho ou a distância entre os equipamentos para execução das tarefas contidas em cada procedimento crítico.</p>
<p>[Item 4.2.1] Análise ergonômica dos trabalhos a serem realizados na instalação, bem como evidências de implementação de suas recomendações</p>	<p>Que todas as instalações possuam Análise Ergonômica do Trabalho, com avaliação se a ergonomia dos equipamentos e sistemas da planta industrial estavam adequadas ao uso e capacidades dos usuários, através da comparação com boas práticas de engenharia. Que haja avaliação das tarefas rotineiras utilizando ferramentas como RULA (para tarefas que exigem esforço físico) e NASA-TLX (para tarefas com alta demanda cognitiva, como gerenciamento</p>	<p>Como a Análise Ergonômica do Trabalho já é recurso obrigatório em todas as instalações, conforme norma NR-17 (MTE, 2020), observou-se que todas as instalações possuíam. No entanto, poucas instalações conseguiram realmente gerir ou implementar as recomendações dos relatórios. Além disso, a qualidade da maioria dos relatórios ficou abaixo do esperado, com a maioria deles focando na ergonomia “mesa-computador” dos funcionários que trabalham nas casas, e poucos avaliando tarefas rotineiras na planta industrial ou sala de controle.</p>

	<p>constante de alarmes em telas de supervisão e tomada de decisões gerenciais. Que todos os cargos foram avaliados e as recomendações resultantes desses relatórios foram gerenciadas.</p>	<p>Apenas uma instalação foi avaliada através do NASA-TLX e RULA.</p>
<p>[Item 12.3.e] Todas as versões de todos os estudos e análises de risco da instalação, incluindo análise de confiabilidade humana (HRA).</p>	<p>Que algumas plataformas realizaram a análise de confiabilidade humana através de um método consolidado – como HEART, Petro-HRA, SPAR-H, THERP – e minimamente para os procedimentos considerados críticos para a segurança da instalação (Williams, 1988, Bell, 2017, IFE, 2012, Waley <i>et al.</i> 2011, NUREG, 1983). Que os principais fatores que podem influenciar o desempenho dos trabalhadores e foram avaliados o aumento do risco de erro humano, como tempo de execução, acesso aos equipamentos, qualidade dos procedimentos escritos, interface homem máquina, entre outros (os fatores dependem do método utilizado).</p>	<p>Apenas uma instalação teve uma análise de confiabilidade humana para apenas um procedimento. A análise, realizada de forma voluntária, foi realizada no âmbito de uma avaliação custo-benefício da instalação de um dispositivo de segurança para reduzir o risco de erro humano. Outras análises foram apresentadas em 2022, porém com desvios quanto à informação mínima necessária para um relatório de avaliação de risco (ex. falta de avaliação do nível de risco, equipe multidisciplinar e recomendações) e quanto ao número de procedimentos críticos contemplados na lista de procedimentos da plataforma. Verificou-se que as operadoras não buscaram selecionar os melhores métodos de análise de confiabilidade disponíveis para suas operações, dentre os recomendados no relatório de SMS RR679, mas sim aqueles que um funcionário da empresa já possuía conhecimento por meio de cursos de especialização.</p>

Fonte: Adaptado de Moraes, Almeida e Alves (2023).

Uma lição importante aprendida pela ANP com o ciclo de 2022 foi a constatação de que, apesar do instrumento regulatório estar em vigor desde 2007, ainda é crucial a utilização de termos técnicos mais precisos e orientadores na prática da gestão de fatores humanos. Este tema é bastante abrangente e, sem uma especificação clara do que o órgão regulador espera encontrar, os agentes regulados têm seguido direções que não satisfazem os requisitos básicos para garantir operações seguras (Moraes; Almeida; Alves, 2023).

Outra falha é a fiscalização mais efetiva por parte da ANP. Segundo Oliveira (2016), a ANP enfrenta desafios significativos em termos de recursos humanos e materiais para fiscalizar adequadamente todas as instalações de perfuração e de

produção de petróleo e gás hoje em operação no Brasil. Isso pode resultar em irregularidades não detectadas e, conseqüentemente, em riscos de acidentes.

4.8.2 Implicações jurídicas e operacionais

As limitações, lacunas e falhas das empresas operadoras e das instalações produtoras de petróleo no cumprimento das legislações e do regulamento do SGSO da ANP têm diversas implicações jurídicas e operacionais. Uma das principais implicações é o aumento dos riscos de acidentes e incidentes. Souza (2015) ensina que a falta de cumprimento das normas de segurança pode resultar em acidentes graves, com danos ambientais e humanos significativos.

Além disso, as empresas podem enfrentar sanções administrativas e judiciais por descumprimento das normas. Lima (2018) afirma que a ANP tem o poder de aplicar multas e outras sanções às empresas que não cumprem as normas de segurança operacional. Essas sanções podem ter impactos financeiros significativos e afetar a reputação das empresas no mercado.

5 DISCUSSÃO E RECOMENDAÇÕES

Existem diversos obstáculos para a implementação das recomendações propostas neste estudo, que merecem uma análise mais aprofundada. Tanto o setor público quanto o setor privado enfrentam desafios significativos ao estabelecer mecanismos eficazes para a prevenção de acidentes e resposta a emergências nas atividades de exploração e produção de petróleo no Brasil.

As decisões estratégicas, relacionadas às políticas energéticas e ambientais, desempenham um papel crucial na gestão dos impactos e riscos socioambientais inerentes às atividades produtivas. A adoção do princípio da precaução deve ser central na formulação de políticas energéticas para o setor de petróleo no Brasil, abrangendo tanto os campos terrestres quanto as regiões marítimas. Nesse contexto, é fundamental abordar a necessidade de expansão das equipes dos órgãos reguladores e fiscalizadores, devido ao aumento das atividades petrolíferas *offshore* no país. As auditorias periódicas são indispensáveis para assegurar o cumprimento das regulamentações vigentes.

Além disso, é crucial atualizar constantemente o arcabouço legal que rege o setor, tomando como base as melhores práticas, leis e regulamentos internacionais. Essa atualização não apenas fortalece a capacidade de resposta a emergências, mas também aprimora os mecanismos de prevenção de acidentes, garantindo um ambiente mais seguro e sustentável para as operações de petróleo no Brasil.

Cabe abordar o empenho da ANP neste processo de atualização da regulação abordando fatores Humanos e na capacitação dos seus quadros funcionais.

Em 2017, a ANP iniciou a revisão do Regulamento SGSO, propondo novas redações para os itens 4.1, 4.2.1, 4.2.1.1, 7.3.2.4, 10.3.b e 12.3.e. Ao analisar os relatórios e o conteúdo das não conformidades, foi observado que, até 2020, a gestão de fatores humanos era auditada de forma transversal, ou seja, o tema era abordado durante a auditoria de outras práticas de gestão focadas em equipamentos e sistemas tecnológicos. Ficou evidente que havia uma compreensão inadequada dos fatores humanos na indústria nacional de petróleo e gás. O problema dessas investigações era que apontavam não apenas para erros humanos, mas falhavam em aprofundar na identificação dos fatores de influência de desempenho que causavam esses erros.

Para melhorar a qualidade das auditorias SGSO e aumentar o nível de segurança da indústria de E&P brasileira, a ANP criou, em 2021, uma coordenação de fatores humanos em seu departamento de segurança operacional, que treinou e deu suporte técnico aos auditores. No início de 2022, os auditores da ANP já estavam capacitados para reconhecer o escopo dos fatores humanos e diferenciar as melhores práticas da indústria das opiniões baseadas apenas no senso comum, permitindo uma avaliação mais precisa do nível de implementação dos requisitos relacionados aos diferentes aspectos dos fatores humanos.

Além disso, motivada pela necessidade de garantir níveis seguros de pessoal nas plataformas *offshore*, a ANP passou a exigir métodos mais precisos, como a análise de linha do tempo, para avaliar o número mínimo aceitável de trabalhadores a bordo durante situações de contingência, como greves e pandemias (ENERGY INSTITUTE, 2011, 2021). Esse resultado levou a ANP a pesquisar e estudar as melhores práticas disponíveis e auditáveis, fornecendo textos e comandos mais claros sobre o que a ANP visa no tema de fatores humanos no novo texto da regulamentação. Como resultado, foi estabelecida a NT nº 10/2023, que busca esclarecer quais são as melhores práticas da indústria para a gestão de fatores humanos nas plataformas de produção e exploração *offshore*.

A ANP também exerce um importante papel ao participar ativamente da investigação dos incidentes ocorridos no Brasil, garantindo que as lições aprendidas sobre aquele evento sejam corretamente disseminadas, e que ações de abrangência sejam encaminhadas aos Operadores das instalações.

Ao MTE, caberia intensificar a frequência de auditorias e fiscalizações nas unidades marítimas de perfuração e produção, por conta própria ou em conjunto com demais órgãos reguladores, como a Marinha, IBAMA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) ou a própria ANP, não somente com o intuito de verificar adequação e cumprimento dos requisitos da NR-37, mas de auditar também outras importantes NRs de sua responsabilidade, como NR-12 (Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos) , NR-13 (Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações), NR-33 (Segurança e Saúde no Trabalho em Espaços Confinados) e NR-35 (Trabalho em Altura).

Por parte das empresas operadoras dos contratos e das instalações, é importante reduzir a influência de pressões econômicas e a necessidade de uma cultura corporativa que equilibre adequadamente segurança e produtividade.

A importância de uma cultura organizacional que priorize a segurança e a necessidade de treinamento contínuo e eficaz são lições universais extraídas dessas tragédias. A integração de princípios ergonômicos e a atenção aos fatores humanos não devem ser negligenciadas, pois são fundamentais para garantir a segurança e a eficiência das operações na indústria do petróleo. A abordagem inadequada destes fatores, seja por falta de treinamento, falhas de comunicação, ou uma cultura organizacional que não valoriza suficientemente a segurança, pode levar a consequências devastadoras.

A indústria petrolífera internacional historicamente adota uma postura reativa em relação à cultura de segurança em suas operações. Transformações significativas na condução de práticas de segurança têm ocorrido como resposta a incidentes catastróficos, demonstrando uma tendência a implementar mudanças somente após a ocorrência de desastres. Esse padrão é evidente em muitos dos grandes acidentes que moldaram as políticas de segurança ao longo dos anos. A transição de uma postura reativa para uma proativa representa um dos maiores desafios enfrentados pela indústria global de exploração e produção de petróleo. Este desafio não se limita apenas às grandes operadoras, mas se estende também às diversas empresas de apoio e prestação de serviços que compõem o setor.

Para alcançar uma postura verdadeiramente proativa, é fundamental que a cultura de segurança seja profundamente enraizada em todas as camadas da organização. As ferramentas e estratégias mencionadas ao longo deste estudo são essenciais para esse propósito, e seu aprimoramento contínuo é imperativo. A capacidade de antecipar perigos, sejam eles de natureza geológica, tecnológica ou comportamental, deve ser transversal às organizações. Isso significa que a iniciativa para a prevenção de riscos deve partir da alta administração e ser promovida em todos os níveis gerenciais, administrativos e operacionais.

A alta administração desempenha um papel crucial nesse processo. É de sua responsabilidade estabelecer políticas de segurança claras, fornecer os recursos necessários e criar um ambiente onde a segurança seja um valor inegociável. A liderança deve demonstrar um compromisso visível e constante com a segurança, assegurando que todos os funcionários compreendam e compartilhem essa prioridade.

Nos níveis gerenciais intermediários, a implementação prática dessas políticas é vital. Os gerentes devem garantir que as práticas de segurança sejam

integradas nas operações diárias, monitorando continuamente o cumprimento e a eficácia dessas práticas. Além disso, eles devem ser capacitados para identificar e mitigar riscos potenciais antes que se tornem problemas graves.

No nível operacional, os trabalhadores precisam ser treinados e educados sobre a importância da segurança, não apenas como uma exigência regulamentar, mas como uma responsabilidade pessoal e coletiva. A promoção de uma cultura de segurança deve incluir a valorização de feedback dos trabalhadores sobre condições de trabalho inseguras e a garantia de que eles tenham as ferramentas e o suporte necessário para realizar suas tarefas de forma segura.

A capacidade de antecipação de perigos envolve a utilização de tecnologias avançadas para monitoramento e análise de dados, permitindo a identificação precoce de potenciais riscos. Ferramentas como análise preditiva, monitoramento em tempo real e simulações de cenários são fundamentais para antecipar e mitigar perigos antes que ocorram incidentes.

Além disso, a indústria deve fomentar uma mentalidade de melhoria contínua, onde as lições aprendidas de incidentes passados são sistematicamente incorporadas nas práticas operacionais. Isso inclui a análise detalhada de incidentes e quase-acidentes, a revisão constante de procedimentos de segurança e a adaptação às melhores práticas internacionais.

Além das recomendações acima listadas, os tópicos abaixo também poderão ser utilizados como objeto de estudos futuros.

1. Modelos de capacitação para a indústria *offshore* de petróleo

O desenvolvimento de modelos de capacitação na indústria *offshore* de petróleo é um processo complexo que exige a integração de aspectos sociotécnicos, ferramentas específicas para reconhecimento de necessidades e a seleção de equipes altamente produtivas com um foco inabalável na segurança de processos. Este modelo envolve a participação ativa da Alta Administração, Gestores e Lideranças Operacionais, especialmente em situações fora da rotina e em emergências.

A capacitação na indústria *offshore* de petróleo deve começar com um mapeamento detalhado dos aspectos sociotécnicos envolvidos nas operações. Isso inclui a compreensão das interações entre os sistemas sociais (pessoas, equipes,

cultura organizacional) e os sistemas técnicos (equipamentos, tecnologias, processos operacionais). Este mapeamento é essencial para identificar os pontos críticos onde a intervenção é necessária para melhorar a segurança e a eficiência operacional.

O uso de ferramentas avançadas para o reconhecimento de necessidades é fundamental para o desenvolvimento de modelos de capacitação eficazes. Ferramentas como a Análise de Necessidades de Treinamento, em inglês: *Training Needs Analysis* (TNA), Análise de Tarefas e Análise de Riscos são indispensáveis. A TNA ajuda a identificar lacunas de competências e áreas que necessitam de aprimoramento. A Análise de Tarefas detalha cada passo das operações *offshore*, destacando as habilidades necessárias para cada função. A Análise de Riscos avalia os potenciais perigos e suas consequências, permitindo que o treinamento seja direcionado para mitigar esses riscos.

A seleção de equipes na indústria *offshore* deve ser baseada não apenas nas qualificações técnicas dos indivíduos, mas também em suas habilidades para trabalhar em equipe e sua adesão à cultura de segurança da empresa. Processos de seleção devem incluir testes psicométricos, simulações de cenários reais e avaliações de desempenho em equipe. Este enfoque assegura que os membros da equipe não só possuam as habilidades técnicas necessárias, mas também sejam capazes de colaborar efetivamente e manter um foco constante na segurança de processos.

A Alta Administração desempenha um papel crucial no desenvolvimento e implementação de modelos de capacitação. Eles devem estabelecer políticas corporativas claras de segurança de processos e garantir que essas políticas sejam disseminadas por toda a organização. A Alta Administração também deve assegurar que os recursos financeiros e tecnológicos necessários para a capacitação sejam disponibilizados. Além disso, devem demonstrar um compromisso visível e contínuo com a segurança, reforçando que esta é um valor inquestionável para a empresa. Este compromisso é essencial para criar uma cultura organizacional onde a segurança é prioridade.

Os Gestores, especialmente aqueles em altos cargos nas unidades operacionais, têm a responsabilidade de comunicar e implementar as políticas de segurança da empresa. Eles devem servir como intermediários entre a Alta Administração e as equipes operacionais, garantindo que as políticas corporativas

sejam compreendidas e seguidas. Os Gestores também precisam conciliar as exigências de segurança com os objetivos financeiros da unidade operacional, promovendo uma cultura onde ambos são vistos como interdependentes. Além disso, eles devem selecionar e capacitar lideranças operacionais que possam implementar práticas de segurança de processos no dia a dia.

As Lideranças Operacionais, como supervisores, têm um papel essencial na aplicação diária das práticas de segurança de processos. Eles precisam estar preparados para lidar com situações fora da rotina e emergências, guiando suas equipes através de procedimentos seguros e eficazes. Esta preparação deve incluir treinamento intensivo em gestão de crises, resposta a emergências e habilidades de liderança. Os líderes operacionais devem ser capazes de manter uma postura crítica sobre os processos e o comportamento da equipe, antecipando problemas e corrigindo desvios antes que se tornem incidentes graves. Em emergências, sua capacidade de tomar decisões rápidas e eficazes pode ser a diferença entre um incidente controlado e um desastre.

O desenvolvimento de modelos de capacitação para a indústria *offshore* de petróleo é um processo multifacetado que requer a integração de vários componentes sociotécnicos. A Alta Administração, Gestores e Lideranças Operacionais têm papéis distintos, mas interconectados, na criação de um ambiente de trabalho seguro e produtivo. Ferramentas avançadas de reconhecimento de necessidades e uma seleção criteriosa de equipes são fundamentais para assegurar que todos os níveis da organização estejam alinhados com os objetivos de segurança de processos. Em última análise, o sucesso desses modelos de capacitação depende do compromisso contínuo de toda a organização com a segurança como um valor central.

2. Diagnóstico de lacunas de competências

A aplicabilidade do Diagnóstico de Lacunas de Competências é um tema crucial na gestão de recursos humanos, especialmente na indústria *offshore* de petróleo, onde a complexidade das operações exige um nível elevado de competência técnica e comportamental. Este diagnóstico é fundamental para identificar as áreas onde os colaboradores precisam de desenvolvimento adicional, permitindo a implementação de programas de capacitação eficazes. Ao abordar este

tema, é essencial considerar os fatores humanos, o desenvolvimento de indicadores de desempenho para esses programas e o papel da IOGP na promoção de boas práticas. A análise de registros de acidentes compilados pelo IOGP indica que, independentemente da empresa ou país, ocorrem situações muito semelhantes, com causas associadas a falhas na cultura de segurança, comportamento dos trabalhadores e qualificação da força de trabalho. Essas falhas incluem deficiências em programas de treinamento, padrões de trabalho inadequados, falhas na identificação de riscos e baixa percepção de risco das equipes terceirizadas (Carvalho, 2016).

O Diagnóstico de Lacunas de Competências envolve a identificação sistemática das discrepâncias entre as habilidades atuais dos colaboradores e as habilidades necessárias para cumprir eficientemente as tarefas operacionais. Na indústria *offshore*, onde as operações são frequentemente desafiadoras e perigosas, a precisão deste diagnóstico é vital. Fatores humanos, como comportamento, tomada de decisão, comunicação e trabalho em equipe, são elementos críticos que devem ser considerados no diagnóstico. O reconhecimento dessas lacunas permite que as empresas desenvolvam programas de treinamento direcionados que não apenas melhoram as habilidades técnicas, mas também abordam aspectos comportamentais e culturais que são essenciais para a segurança e a eficiência operacional.

A integração dos fatores humanos no Diagnóstico de Lacunas de Competências requer uma abordagem holística. Além das avaliações tradicionais de habilidades técnicas, é necessário utilizar métodos de avaliação comportamental, como entrevistas estruturadas, observação de desempenho em campo e simulações de cenários reais. Ferramentas como a Análise de Tarefas e a Avaliação de Competências Comportamentais podem ser utilizadas para mapear os requisitos específicos de cada função e identificar as lacunas de competências. A análise dos fatores humanos deve focar em aspectos como a capacidade de trabalhar sob pressão, a eficácia na comunicação durante emergências e a adesão às práticas de segurança estabelecidas. Esses fatores são cruciais para prevenir acidentes e melhorar o desempenho geral da equipe.

Desenvolver indicadores de desempenho para programas de capacitação é uma etapa essencial para garantir que os esforços de desenvolvimento de competências sejam eficazes e mensuráveis. Indicadores de desempenho fornecem

uma forma objetiva de monitorar o progresso dos programas de treinamento e avaliar seu impacto. Na indústria *offshore*, esses indicadores podem incluir métricas como a redução no número de incidentes e acidentes, o aumento na conformidade com procedimentos de segurança, a melhoria nas avaliações de desempenho dos colaboradores e o feedback positivo das equipes operacionais.

A criação de indicadores de desempenho começa com a definição de objetivos claros para os programas de capacitação. Por exemplo, se o objetivo é melhorar a resposta a emergências, os indicadores podem incluir a velocidade e a precisão das respostas dos colaboradores durante simulações de emergência. Outro exemplo seria o uso de indicadores como a frequência e a qualidade das comunicações de segurança entre as equipes, medidos através de auditorias e observações. Ferramentas como *Balanced Scorecard* e *Key Performance Indicators* (KPIs) podem ser adaptadas para o contexto da capacitação, proporcionando uma visão abrangente do progresso dos programas.

3. Avaliação da adaptação dos procedimentos operacionais às particularidades culturais regionais e elaboração de modelos voltados para o manejo de situações anormais e emergências

É necessário realizar uma análise da adequação dos procedimentos operacionais às características culturais regionais e desenvolver modelos focados no enfrentamento de situações anormais e emergenciais. Considerando os aspectos culturais do Brasil, iniciativas para fomentar a cultura de segurança de processos devem levar em conta a cultura local. Traços culturais como a flexibilidade e a aversão à disciplina, assim como a tendência de transferir responsabilidades, devem ser minimizados. Por outro lado, características culturais favoráveis, como a criatividade e o senso de equipe, devem ser enfatizadas para gerar estratégias eficazes de correção de desvios. A conscientização sobre riscos operacionais e comportamentos seguros deve ser promovida através da prática do uso de EPIs, análise prévia dos riscos das tarefas e utilização de procedimentos escritos.

Essas recomendações, baseadas em uma análise robusta dos fatores humanos e na experiência prática, são essenciais para aprimorar a gestão de segurança no setor de petróleo e gás. Ao implementar essas diretrizes, as empresas

podem não apenas cumprir os requisitos regulatórios, mas também estabelecer um ambiente de trabalho mais seguro e produtivo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conclusão desta dissertação aborda a complexa e vital importância dos fatores humanos na indústria do petróleo, destacando como esses elementos influenciam a segurança e a eficiência das operações. Através de uma revisão abrangente da literatura existente, foi possível entender melhor a profundidade e a amplitude com que os fatores humanos impactam a segurança operacional.

Os grandes acidentes na indústria do petróleo, como Piper Alpha, Macondo, P-36, Enchova e Cidade de São Mateus, entre outros, são estudos de caso fundamentais para compreender as falhas relacionadas aos fatores humanos. Esses acidentes mostraram que as falhas humanas frequentemente estão entre as causas raiz desses eventos catastróficos, e não se limitam a erros individuais, mas englobam uma gama de questões relacionadas à cultura organizacional, treinamento inadequado, comunicação deficiente e pressões operacionais.

As lições aprendidas desses acidentes sublinham a necessidade urgente de integrar considerações de fatores humanos em todos os níveis da gestão de segurança na indústria do petróleo. A aplicação de práticas robustas de gestão de fatores humanos pode mitigar significativamente os riscos, prevenindo a ocorrência de incidentes similares no futuro. A análise das causas dos acidentes revelou que a simples aderência aos procedimentos técnicos não é suficiente; é crucial adotar uma abordagem holística que reconheça a interdependência entre humanos, tecnologia e processos operacionais. A resiliência organizacional depende da capacidade de antecipar, monitorar, responder e aprender com os incidentes.

Os aspectos legais e regulatórios desempenham um papel central na promoção da segurança na indústria do petróleo. A regulamentação precisa ser suficientemente abrangente para abordar tanto os aspectos técnicos quanto os humanos das operações. A ANP, como órgão regulador, tem a responsabilidade primordial de fiscalizar e garantir que as empresas operem de acordo com os mais altos padrões de segurança. Através de auditorias rigorosas e inspeções frequentes, a ANP verifica a conformidade com as normas e regulações vigentes, identificando não conformidades e exigindo ações corretivas.

As auditorias realizadas pela ANP são ferramentas fundamentais para assegurar que as práticas de gestão de segurança e fatores humanos sejam efetivamente implementadas nas operações de exploração e produção de petróleo

no Brasil. Essas auditorias não apenas identificam falhas, mas também fornecem um feedback valioso que pode ser usado para aprimorar continuamente as práticas de segurança. A eficácia dessas auditorias depende da competência e do conhecimento dos auditores, que precisam estar bem-educados sobre as melhores práticas internacionais e as particularidades das operações locais.

Adicionalmente, a ANP deve continuar a promover a cultura de segurança dentro da indústria, incentivando as empresas a investir em treinamento contínuo e desenvolvimento de seus funcionários. A formação de uma cultura de segurança robusta requer um compromisso de longo prazo e a participação ativa de todos os níveis da organização, desde a alta administração até os trabalhadores de linha de frente. A cultura de segurança é um dos pilares mais importantes para a prevenção de acidentes. A ANP, ao fomentar esse ambiente de segurança, contribui não apenas para a prevenção de acidentes, mas também para a criação de um setor mais resiliente e sustentável.

A literatura existente sobre fatores humanos na segurança operacional destaca a necessidade de uma abordagem integrada que considere os múltiplos aspectos que influenciam o comportamento humano e a tomada de decisões. Estudos como os de Reason (1997) e Dekker (2006) fornecem uma base teórica robusta para entender como e por que os erros humanos ocorrem e como podem ser mitigados. A ANP, ao adotar essas melhores práticas e incorporá-las em suas regulamentações e fiscalizações, está dando um passo crucial para aumentar a segurança na indústria do petróleo no Brasil.

Em conclusão, esta dissertação destaca que a integração de fatores humanos na gestão de segurança da indústria do petróleo é essencial para prevenir acidentes e garantir operações seguras e eficientes. Os grandes acidentes estudados fornecem valiosas lições sobre as falhas que devem ser evitadas e as práticas que precisam ser adotadas. Os aspectos legais e regulatórios, especialmente sob a supervisão da ANP, desempenham um papel crucial na promoção e manutenção da segurança. Através de fiscalização rigorosa, auditorias detalhadas e uma ênfase constante na melhoria contínua, a ANP garante que a indústria do petróleo no Brasil opere com o mais alto nível de segurança, protegendo tanto as pessoas quanto o meio ambiente. A literatura existente sustenta a necessidade de uma abordagem holística e integrada para a gestão de fatores humanos, e a ANP está posicionada de forma única para liderar essa iniciativa no setor de petróleo e gás.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABS CONSULTING. **Guidance Notes on Risk Assessment Applications for the Marine and Offshore Oil and Gas Industries**. 2020. Disponível em:

https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/rulesandguides/current/other/97_riskassessapplmarineandoffshoreoandg/risk-assessment-gn-may20.pdf Acesso em: 01 mar. 2024.

AJZEN, I. **The Theory of Planned Behavior**. Organizational Behavior and Human Decision Processes. 1991. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/272790646_The_Theory_of_Planned_Behavior . Acesso em: 13 mar. 2024.

ALMEIDA, J. M; OLIVEIRA, R. C. **Fatores Humanos na Indústria do Petróleo**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2015.

ALMEIDA, M. H. **Regulação e Fiscalização na Indústria do Petróleo**. Rio de Janeiro: FGV, 2016.

AMARAL, G. F. **Segurança Jurídica e Investimentos no Setor de Petróleo**. São Paulo: Editora Saraiva, 2018.

API. American Petroleum Institute. **API standards and recommended practices**. 2019. Disponível em: <https://www.api.org/products-and-services/standards> . Acesso em: 22 mar. 2024.

_____. **API Recommended Practice 75: Development of a Safety and Environmental Management Program for Offshore Operations and Facilities**. 2019. Disponível em: <https://www.api.org/products-and-services/standards/important-standards-announcements/recommended-practice-75> . Acesso em: 22 mar. 2024.

AUSTRALIAN GOVERNMENT. **Report of the Montara Commission of Inquiry**. Canberra: Commonwealth of Australia. 2010. Disponível em: <https://catalogue.nla.gov.au/catalog/5738983> . Acesso em: 23 mar. 2024.

BANDEIRA DE MELLO, C. A. **Curso de Direito Administrativo**. São Paulo: Ed. Malheiros, 2015.

BENJAMIN, A. H. **Manual de Direito Ambiental**. 3. ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2018.

BOBBIO, N. **Teoria do Ordenamento Jurídico**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2007.

BRASIL. ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Relatório de Investigação do Acidente na Plataforma P-36**. 2001. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional/incidentes/relatorios-de-investigacao-de-incidentes-1/arquivos-relatorios-de-investigacao-de-incidentes/relatorio-do-acidente-com-a-p-36/relatorio_p-36.pdf Acesso em: 26 dez. 2023.

_____. ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional (SGSO)**, 2007. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional/arq/regulamento_sgso.pdf Acesso em: 26 dez. 2023.

_____. ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Investigação do Incidente de Vazamento de Petróleo no Campo de Frade**. 2012. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional/incidentes/relatorios-de-investigacao-de-incidentes-1/arquivos-relatorios-de-investigacao-de-incidentes/campo-de-frade/relatorio-frade-i_final.pdf Acesso em: 26 dez. 2023.

_____. ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Relatório de Investigação do Acidente com o FPSO Cidade de São Mateus**. 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional/incidentes/relatorios-de-investigacao-de-incidentes-1/arquivos-relatorios-de-investigacao-de-incidentes/fpsocidade-de-sao>

mateus/relatorio-de-investigacao-fpso-cidade-de-sao-mateus.pdf Acesso em: 26 dez. 2023.

_____. ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Regulamentação e Segurança Operacional**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional/resolucoes-procedimentos> Acesso em: 26 dez. 2023.

_____. ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Relatório anual de segurança operacional das atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional/arq/raso/2022-relatorio-anual-seguranca-operacional.pdf> Acesso em: 26 dez. 2023.

_____. ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Nota Técnica Nº 10/2023/SSO-CSO/SSO/ANP-RJ**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional/arq/nota-tecnica-10-2023.pdf> Acesso em: 26 dez. 2023.

_____. ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução ANP nº 43 de 06/12/2007**. Institui o Regime de Segurança Operacional para as Instalações de Perfuração e Produção de Petróleo e Gás Natural e aprova o Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO). Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-43-2007?origin=instituicao&q=43/2007> Acesso em: 31 ago. 2024.

_____. ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução ANP nº 851 de 20/09/2021**. Regulamenta o procedimento de fiscalização de segurança operacional das atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural baseado na avaliação da eficácia do sistema de gestão implementado, na identificação e na verificação de saneamento de não conformidades e estabelece os casos passíveis de concessão de prazo para adequação aos regulamentos técnicos de gerenciamento de segurança operacional

da ANP. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-851-2021> Acesso em: 02 set. 2024.

_____. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm Acesso em: 31 ago. 2024.

_____. **Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967**. Dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940. (Código de Minas). Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0227.htm Acesso em: 31 ago. 2024.

_____. **Decreto-lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943**. Aprova a Consolidação das Leis do Trabalho. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del5452.htm Acesso em: 31 ago. 2024.

_____. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm Acesso em: 31 ago. 2024.

_____. **Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990**. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8078compilado.htm Acesso em: 31 ago. 2024.

_____. **Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997**. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9478.htm?origin=instituicao#:~:text=LEI%20N%C2%BA%209.478%2C%20DE%206%20DE%20AGOSTO%20DE%201997&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20pol%C3%ADtica%20energ%C3%A9tica,Petr

%C3%B3leo%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAsncias. Acesso em: 31 ago. 2024.

_____. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.** Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm Acesso em: 31 ago. 2024.

_____. **Lei nº 12.351, de 22 de dezembro de 2010.** Dispõe sobre a exploração e a produção de petróleo, de gás natural e de outros hidrocarbonetos fluidos, sob o regime de partilha de produção, em áreas do pré-sal e em áreas estratégicas; cria o Fundo Social - FS e dispõe sobre sua estrutura e fontes de recursos; altera dispositivos da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997; e dá outras providências.

Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/L12351.htm?origin=instituicao Acesso em: 31 ago. 2024.

_____. **Lei nº 12.734, de 30 de novembro de 2012.** Modifica as Leis nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, e nº 12.351, de 22 de dezembro de 2010, para determinar novas regras de distribuição entre os entes da Federação dos **royalties** e da participação especial devidos em função da exploração de petróleo, gás natural e outros hidrocarbonetos fluidos, e para aprimorar o marco regulatório sobre a exploração desses recursos no regime de partilha. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12734.htm Acesso em: 31 ago. 2024.

_____. **Lei nº 13.540, de 18 de dezembro de 2017.** Altera as Leis nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e 8.001, de 13 de março de 1990, para dispor sobre a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM). Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13540.htm Acesso em: 31 ago. 2024.

_____. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora 37 – NR-37.** Segurança e Saúde em Plataformas de Petróleo. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao->

social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-37-atualizada-2022-1.pdf Acesso em: 31 ago. 2024.

_____. **Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986.** Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Disponível em:

https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=745 Acesso em: 31 ago. 2024.

BRESSER-PEREIRA, L. C. **Democracia e Estado de Bem-Estar: Crítica ao Liberalismo Econômico.** São Paulo: Editora 34, 2014.

BRIDGER, R. S. **Introduction to Ergonomics.** CRC Press, 2003.

BSEE. Bureau of Safety and Environmental Enforcement. **Safety and Environmental Management Systems (SEMS) Rule.** 2019. Disponível em: <https://www.bsee.gov/what-we-do/offshore-regulatory-programs/regulations-standards> Acesso em: 12 mar. 2024.

CARVALHO, L; PEREIRA, S; LIMA, T. **Ergonomia e Desempenho Humano em Plataformas de Petróleo.** 2015.

CARVALHO, A. C. F. **Diagnóstico de lacunas nas competências da equipe para enfrentamento de situações fora da rotina.** 2016. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2016.

CCPS. Centre For Chemical Process Safety. **Process Safety Glossary.** 2019. Disponível em: <https://www.aiche.org/ccps/resources/glossary>. Acesso em: 26 dez. 2023.

CULLEN, W. D. **The Public Inquiry into the Piper Alpha Disaster.** London: HMSO, 1990.

DEKKER, S. **The Field Guide to Understanding Human Error**. 3. ed. Ashgate Publishing, 2006.

DIEESE. Departamento Intersindical de Estatística e Estudos **Socioeconômicos**. **A Terceirização na Petrobras** – Alguns Pontos Para Reflexão. Rio de Janeiro, 2006.

DNV GL. **Guidelines for Offshore Dispersed Gas Risk Analysis**. 2015. Disponível em: <https://www.dnv.com/services/qualitative-safety-studies-1405/> Acesso em: 03 mar. 2024.

DUL, Jan; WEERDMEESTER, Bernard. **Ergonomics for Beginners**. 3. ed. CRC Press, 2008.

ELKINGTON, J. **Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business**. Capstone Publishing, 1997.

ENERGY INSTITUTE. **Human and organisational factors**. 2011; 2021. Disponível em: <https://publishing.energyinst.org/topics/human-and-organisational-factors> Acesso em: 02 set. 2024.

FARIA, J. E. **Democracia, Participação e Processo Legislativo**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2015.

FIORILLO, C. A. P. **Direito Ambiental Brasileiro**. São Paulo: Editora Saraiva, 2017.

FLIN, R.; O'CONNOR, P.; CRICHTON, M. **Safety at the Sharp End: A Guide to Non-Technical Skills**. Ashgate, 2002.

FOMBRUN, C. J.; SHANLEY, M. What's in a Name? Reputation Building and Corporate Strategy. **Academy of Management Journal**, 1990.

GODOY, A. **Processo Legislativo e Democracia**. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2014.

Gonçalves, P. R. **Tecnologia e Fiscalização na Indústria do Petróleo**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

GULDENMUND, F. W. **Understanding and Exploring Safety Culture**. Open University of the Netherlands, 2010.

HART, S. G.; STAVELAND, L. E. **Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research**. *Advances in Psychology*, 1988.

HELM, D. **The New Energy Paradigm**. Oxford University Press, 2007.

HELMREICH, R. L.; MERRITT, A. C. **Culture at work in aviation and medicine: National, organizational, and professional influences**. Aldershot: Ashgate, 2001.

HENDRICK, H. W., & KLEINER, B. M. **Macroergonomics: Theory, Methods, and Applications**. Lawrence Erlbaum Associates, 2001.

HERZBERG, F.; MAUSNER, B.; SNYDERMAN, B. B. **The Motivation to Work**. John Wiley & Sons, 1959.

HOLLNAGEL, E. **Human Reliability Analysis: Context and Control**. Academic Press, 1993.

HOPKINS, A. **Lessons from Longford: The Esso Gas Plant Explosion**. CCH Australia Limited, 2000.

HOPKINS, A. **Management Walk-Arounds: Lessons from the Gulf of Mexico Oil Well Blowout**. Working Paper 81, National Research Centre for OHS Regulation, 2011.

HSE. Health and Safety Executive. **The Alexander L. Kielland Accident Report**, 1981.

_____. Health and Safety Executive. **RR679: Understanding and Managing Human Factors in the Offshore Oil and Gas Industry.** London: HSE, 2009.

_____. Health and Safety Executive. **Offshore Installations (Safety Case) Regulations 2005 (SCR 2005),** 2020.

_____. Health and Safety Executive. **HSG 48 Reducing error and influencing behaviour.** 2001. Disponível em: <https://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg48.pdf>
Acesso em: 26 dez. 2023.

_____. Health and Safety Executive. **Human factors engineering in projects.** HSE Books, 2005.

_____. Health and Safety Executive. **HSE UK Guidelines: Human Factors in the Management of Major Accident Hazards.**

IOGP. International Association of Oil & Gas Producers. **Report 454: Human Factors Engineering in Projects.** London: IOGP, 2020. Disponível em:
<https://www.iogp.org/bookstore/product/human-factors-engineering-in-projects/>
Acesso em: 26 dez. 2023.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 11064:2000 - Ergonomic design of control centers,** 2000.

_____. International Organization for Standardization. **ISO 6385:2004 - Ergonomic principles in the design of work systems,** 2004.

_____. International Organization for Standardization. **ISO 14224:2016 - Petroleum, petrochemical and natural gas industries - Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment,** 2016.

_____. International Organization for Standardization. **ISO 45001:2018 - Occupational health and safety management systems - Requirements with guidance for use,** 2018.

KARWOWSKI, W. **Handbook of Standards and Guidelines in Ergonomics and Human Factors**. CRC Press, 2005.

KELSEN, Hans. **Teoria Pura do Direito**. São Paulo: Martins Fontes, 2012.

KINNERSLY, S.; ROELEN, A. **The Contribution of Ergonomics to Risk Management in the Oil and Gas Industry**. Safety Science, 2007.

KIRWAN, B. **A guide to practical human reliability assessment**. CRC Press, 1994. Disponível em: <https://doi.org/10.1201/9781315136349>. Acesso em: 01 mar. 2024.

KLEIN, G. **Sources of Power: How People Make Decisions**. MIT Press, 1998.

LIMA, L. R. **Transparência e Administração Pública**. São Paulo: Editora Atlas, 2015.

LIMA, R. S. **Sanções Administrativas no Setor de Petróleo**. São Paulo: Atlas, 2018.

LIMA, A.; PEREIRA, F. **Impacto da Automação e Tecnologias Avançadas na Segurança Operacional**, 2018.

MACHADO, P. A. **Direito Ambiental e a Gestão Pública**. Curitiba: Juruá Editora, 2017.

_____. **Direito Ambiental Brasileiro**. 23. ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2019.

MAGALHÃES, A. **A Proteção Ambiental na Indústria do Petróleo**. São Paulo: Editora Saraiva, 2013.

MANNAN, S. **Lees' Loss Prevention in the Process Industries: Hazard Identification, Assessment and Control**. Butterworth-Heinemann, 2012.

MASLOW, A. H. **A Theory of Human Motivation**. Psychological Review, 1943.

MILARÉ, E. **Direito do Ambiente: A Gestão Ambiental em Foco**. 12. ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2020.

MITCHELL, R. K.; AGLE, B. R.; WOOD, D. J. **Towards a Theory of Stakeholder Identification and Salience: Defining the Principle of Who and What Really Counts**. Academy of Management Review, 2016.

MOFFAT, K.; ZHANG, A. **The Paths to Social Licence to Operate: An Integrative Model Explaining Community Acceptance of Mining**. Resources Policy, 2014.

MONTESQUIEU, Charles-Louis de Secondat. **O Espírito das Leis**. São Paulo: Martins Fontes, 1989.

MORAIS, C. P. M.; ALMEIDA, D. P. S.; ALVES, V. F. B. **Regulating Human Factors in Brazilian Oil & Gas Offshore Installations**, 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/374788995_Regulating_Human_Factors_in_Brazilian_Oil_Gas_Offshore_Installations Acesso em: 22 jun. 2024.

MOREIRA, R. S. **Gestão de Riscos na Indústria do Petróleo**. Rio de Janeiro: FGV, 2019.

MOURA, M. *et al.* **Análise de Incidentes e Acidentes na Indústria de Petróleo: Foco nos Erros Humanos**. 2006.

NATIONAL COMMISSION. National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling. **Deep Water: The Gulf Oil Disaster and the Future of Offshore Drilling**. Washington, D.C.: Government Printing Office, 2011.

NOPSEMA. National Offshore Petroleum Safety and Environmental Management Authority. **Safety Case and Environment Plan**, 2018.

NORMAN, D. A. **Cognitive Engineering**. User Centered System Design, 1986.

NORWEGIAN TECHNOLOGY STANDARDS INSTITUTION. **NORSOK Standards - Working Environment (NORSOK S-002) and Risk and Emergency Preparedness Analysis (NORSOK Z-013).**

NOU. **Report of the Public Investigation Committee on the Accident on the Accommodation Platform Alexander L. Kielland on 27th March, 1980, 1983.**

OGP. **Guidelines for Fire and Explosion Risk Analysis.** International Association of Oil & Gas Producers, 2010.

OLIVEIRA, J.; SANTOS, P.; ALMEIDA, R. **Eficácia dos Programas de Treinamento em Plataformas de Petróleo Brasileiras.** 2010.

OSHA. **Occupational Safety and Health Administration.** Various regulations including Process Safety Management (29 CFR 1910.119), Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200), Occupational Safety and Health Standards (29 CFR 1910), and Emergency Action Plans (29 CFR 1910.38).

PETROBRAS. **Relatório Final da Comissão de Investigação do Acidente da Plataforma P-36.** Rio de Janeiro: Petrobras, 2001.

PSA. **Petroleum Safety Authority Norway.** NORSOK Standards, 2018.

PHEASANT, S.; HASLEGRAVE, C. M. **Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work.** CRC Press, 2006.

REASON, J. **Human Error: Models and Management.** British Medical Journal, 1990.

_____. **Managing the Risks of Organizational Accidents.** Ashgate Publishing, 1997.

_____. **Safety Paradoxes and Safety Culture.** Injury Control and Safety Promotion, 2000.

_____. **Human Factors and Ergonomics in Consumer Product Design: Uses and Applications.** CRC Press, 2010.

RODRIGUES, A. P.; MENDES, C. J. **Regulatory Reforms in the Brazilian Oil and Gas Sector.** Energy Policy, 2015.

RUFF, H. A. **Automation in the Oil and Gas Industry: Balancing Human and Machine.** Human Factors and Ergonomics Society, 2011.

SALAS, E.; BOWERS, C. A.; EDENS, E. **Improving Teamwork in Organizations: Applications of Resource Management Training.** CRC Press, 2001.

SANTOS, R. A. Regulação da Indústria do Petróleo no Brasil: Aspectos Legais e Institucionais. **Revista de Direito Administrativo**, v. 272, p. 45-67, 2016.

SANTOS, P. C. **Treinamento e Capacitação em Segurança Operacional.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

SANTOS, C.; SILVA, M. **Cultura de Segurança e Desempenho Operacional em Plataformas de Petróleo,** 2013.

SCHEIN, E. H. **Organizational Culture and Leadership.** Jossey-Bass, 2010.

SENGUPTA, S. **Financial and Economic Impact of Oil Spills.** Marine Policy, 2010.

SHERIDAN, T. B. **Human and Automation: System Design and Research Issues.** John Wiley & Sons, 2002.

SILVA, A. L. **Regulamentação do Setor de Petróleo e Gás.** São Paulo: Atlas, 2016.

SILVA, J. A. **Curso de Direito Constitucional Positivo.** São Paulo: Malheiros, 2018.

SILVERSTEIN, B. A.; HOWARD, N.; ARMSTRONG, T. J. Work-related Musculoskeletal Disorders and Ergonomics: Current State of Knowledge. **Journal of Occupational and Environmental Medicine**, v. 42, n. 5, p. 123-138, 2000.

SOUZA, M. R. **Acidentes Industriais no Setor de Petróleo**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2015.

STANTON, N. A. *et al.* **Human Factors Methods: A Practical Guide for Engineering and Design**. CRC Press, 2013.

WEICK, K. E.; SUTCLIFFE, K. M. **Managing the Unexpected: Assuring High Performance in an Age of Complexity**. Jossey-Bass, 2001.

WICKENS, C. D. *et al.* **An Introduction to Human Factors Engineering**. Pearson, 2013.