



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR UFRJ - MACAÉ
INSTITUTO POLITÉCNICO

MARCOS VINICIUS PARETO DOS SANTOS

**PROPOSTA DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA PARA GUINDASTES
ARTICULADOS COM SISTEMA ATIVO DE COMPENSAÇÃO DE ONDAS: UM
ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA PRESTADORA DE SERVIÇOS NO
SETOR DE ÓLEO E GÁS**

MACAÉ/RJ
2023

MARCOS VINICIUS PARETO DOS SANTOS

**PROPOSTA DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA PARA GUINDASTES
ARTICULADOS COM SISTEMA ATIVO DE COMPENSAÇÃO DE ONDAS: UM
ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA PRESTADORA DE SERVIÇOS NO
SETOR DE ÓLEO E GÁS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
submetido ao Corpo Docente da Engenharia
Mecânica do Campus Macaé da Universidade
Federal do Rio de Janeiro, como requisito
parcial à obtenção do título de Engenheiro
Mecânico.

Orientador: D. Sc. Thiago Gomes de Lima,

MACAÉ/RJ

2023

CIP - Catalogação na Publicação

S237

Santos, Marcos Vinícius Pareto dos

Proposta de um plano de manutenção preditiva para guindastes articulados com sistema ativo de compensação de ondas: um estudo de caso em uma empresa prestadora de serviços no setor de óleo e gás / Marcos Vinícius Pareto dos Santos - Macaé, 2023.

86 f.

Orientador(a): Thiago Gomes de Lima .

Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto Politécnico, Bacharel em Engenharia Mecânica, 2023.

1. Guindastes offshore. 2. Manutenção e reparos . 3. Gestão da manutenção. 4. Óleo e gás. I. Lima, Thiago Gomes de, orient. II.Título.

CDD 624

**PROPOSTA DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA PARA GUINDASTES
ARTICULADOS COM SISTEMA ATIVO DE COMPENSAÇÃO DE ONDAS: UM
ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA PRESTADORA DE SERVIÇOS NO
SETOR DE ÓLEO E GÁS**

MARCOS VINICIUS PARETO DOS SANTOS

Orientador: D. Sc. Thiago Gomes de Lima,

Aprovada em 19 / 07 / 2023

Prof. Thiago Gomes de Lima, D. Sc.
Membro interno – UFRJ Macaé

Prof. Mauricio Nepomuceno, D. Sc.
Membro interno – UFRJ Macaé

Prof. Marcelo Costa Cardoso, D. Sc.
Membro interno – UFRJ Macaé

Este trabalho dedico ao Senhor dos senhores,
Jesus Cristo, pois sem Ele nada disso seria
possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde, sabedoria e resiliência para enfrentar a árdua tarefa de se graduar na UFRJ. Agradeço também imensamente aos meus pais Valdenir Santos e Lourdes Pareto por me ajudarem e apoiarem em toda essa jornada da graduação, inclusive nos meus momentos mais delicados, portanto deixo aqui registrada a minha imensa gratidão.

A minha noiva Éviny Knupp que me acompanhou e suportou em toda caminhada, que sonhou comigo o sonho de me tornar engenheiro mecânico, muito obrigado por tudo meu amor. Também ao meu amigo Fabio Barcelos que me ajudou tecnicamente na confecção deste trabalho com toda sua expertise no ramo de guindastes.

Por último, meu orientador Thiago Gomes que me ajudou e guiou durante essa caminhada da confecção do trabalho de conclusão de curso, sem o seu suporte não seria possível alcançar o objetivo dessa forma.

“O coração que sabe discernir busca o conhecimento, mas a boca dos tolos alimenta-se de insensatez” Provérbios 15:14

RESUMO

As exigências operacionais passaram por um processo de evolução ao longo dos anos, recentemente um dos aspectos mais abordados foi o de disponibilidade dos equipamentos operacionais. Tal conceito está intimamente ligado a uma correta gestão de manutenção do ativo. Nas empresas do ramo petrolífero a indisponibilidade de um equipamento operacional configura um cenário de impacto financeiro nas operações chamado de *downtime*. Este trabalho tem como objetivo analisar o setor de manutenção de uma organização do setor de óleo e gás que atua no segmento de guindastes e propor um plano de manutenção preditiva para os guindastes articulados com o sistema de compensação ativa de ondas, visando minimizar problemas operacionais. Portanto foi realizado um estudo de caso em uma empresa fabricante de equipamentos do setor de óleo e gás. Com isso explorou-se a base documental da empresa, as orientações do time de colaboradores e as principais normas. A junção dessas ferramentas possibilitou a elaboração de um plano de manutenção preditiva para guindastes articulados com o intuito de evoluir a gestão de manutenção desse equipamento visando a mitigação das ocorrências de *downtime*.

Palavras-chave: Guindaste. Manutenção. Gestão. *Downtime*.

ABSTRACT

Operational requirements have undergone an evolution process over the years, recently one of the most discussed aspects was the availability of operational equipment. This concept is closely linked to correct asset maintenance management. In companies in the oil industry, the unavailability of operational equipment configures a scenario of financial impact on operations called downtime. This work aims to analyze the maintenance sector of an organization in the oil and gas sector that operates in the crane segment and propose a predictive maintenance plan for articulated cranes with the active wave compensation system, in order to minimize operational problems. Therefore, a case study was carried out in a company that manufactures equipment in the oil and gas sector. With this, the company's documentary base, the guidelines of the team of collaborators and the main norms were explored. The combination of these tools enabled the elaboration of a predictive maintenance plan for articulated cranes in order to evolve the maintenance management of this equipment, aiming at mitigating downtime occurrences

Keywords: Crane. Maintenance. Management. Downtime

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - ATOM RTX™ em ação numa sonda de terra	31
Figura 2 - Modelo 3D de guindaste treliçado	35
Figura 3 - Desenho 3D de guindaste hidráulico de lança articulada	35
Figura 4 - Guindaste hidráulico telescópico em ação a bordo do Normand Cutter	36
Figura 5 - Localização das partes externas principais de um guindaste articulada	37
Figura 6 - Fluxograma esqueleto da API RP 2D	46
Figura 7 - Organograma de liderança da empresa X	47
Figura 8 - Organograma do setor de serviços da empresa X	48
Figura 9 - Pirâmide de Bird	50
Figura 10 - Fluxograma adaptado do processo de gerenciamento de serviços	52
Figura 11 - Fluxograma adaptado da estrutura organizacional dos subgrupos	55
Figura 12 - <i>Main Control Valve</i>	59
Figura 13 - <i>Main Control Valve</i>	60
Figura 14 - <i>Main Control Valve</i>	60
Figura 15 - Montagem da <i>Main Control Valve</i>	61
Figura 16 - Êmbolo da MCV de um guindaste	61
Figura 17 - Em detalhe, êmbolo e orifícios de entrada e saída de uma válvula direcional Proporcional	62
Figura 18 - Estrutura de Concepção do Plano de Manutenção	76

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Receita bruta em dólares da empresa X em 2021 a partir do 2º quarto	46
Gráfico 2 - Receita bruta em dólares da empresa X em 2022 a partir do 1º quarto	46
Gráfico 3 - Receita bruta em dólares da empresa X em 2023 no do 1º quarto.....	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - <i>Checklist</i> pré-operação adaptado da API RP 2D	28
Quadro 2 – Legenda Figura 5.....	37
Quadro 3 - Informações técnicas de partes do guindaste	38
Quadro 4 - Tabela sumário da norma ABS	42
Quadro 5 - Checklist adaptado	51
Quadro 6 - Exemplo hipotético de desconto por <i>downtime</i>	58
Quadro 7 - Checklist adaptado	65
Quadro 8 - <i>Checklist</i> com sugestões dos colaboradores da empresa X.....	71
Quadro 9 - Checklist adaptado da API RP 2D	73
Quadro 10: Checklist ABS adaptado.....	75

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	14
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Objetivo geral	16
1.2.2 Objetivos específicos.....	16
1.3 JUSTIFICATIVA	17
1.4 MOTIVAÇÃO PESSOAL	18
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2 REFERENCIAL TEORICO	20
2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE MANUTENÇÃO	20
2.2 TIPOLOGIAS DE MANUTENÇÃO	22
2.2.1 Manutenção Corretiva	22
2.2.2 Manutenção Preventiva	23
2.2.3 Manutenção Preditiva	24
2.2.4 Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC).....	25
2.2.5 Planejamento e Organização de Plano Manutenção	26
2.3 MANUNTEÇÃO NO SETOR DE ÓLEO E GÁS	29
2.3.1 Breve histórico da Indústria do Petróleo.....	29
2.3.2 Aspectos da manutenção no setor de Óleo e Gás	32
2.4 GUINDASTES OFFSHORE E SUAS PRINCIPAIS VARIAÇÕES	33
2.5 PRINCIPAIS NORMAS QUE SUBSIDIAM OPERAÇÃO E A MANUTENÇÃO DOS GUINDASTES OFFSHORE NO SETOR DE ÓLEO E GÁS	39
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	44
3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA EMPRESA X	45
3.1.1 Estrutura organizacional da empresa X.....	47
3.1.2 Política de Prevenção de acidente	49
3.1.3 Gestão de serviços e suporte ao cliente na gestão de manutenção de seu guindaste	52
4 RESULTADOS	57
4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA GERADO PELA FALHA DO	57
4.2 APRESENTAÇÃO DA TÉCNICA DE UM COMPONENTE DE ALTA	59

4.3 APRESENTAÇÃO DE UMA PROPOSTA DE MANUTENÇÃO PREDITIVA BASE NOS ASPECTOS APRESENTADOS	62
4.3.1 Considerações da base documental e orientações da empresa X	63
4.3.2 Considerações dos profissionais de gestão e do time operacional da empresa X .	71
4.3.3 Considerações das principais normas	72
4.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	77
4.4.1 Recomendações	79
5 CONCLUSÃO.....	80
5.1 LIMITAÇÕES DO ESTUDO	81
5.2 TRABALHOS FUTUROS	81
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	82

1 INTRODUÇÃO

Nesta seção serão apresentados alguns aspectos de forma geral a fim de aclimatar o leitor para os conceitos que aqui serão abordados no decorrer do trabalho.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Conforme Marcorin (2003) apud Moraes (2021), o foco constante no lucro por parte das empresas quando baseado em uma interpretação equivocada da relação de redução de custos e aumento da produção, pode induzir a companhia a trilhar um caminho tortuoso que leva ao sentido oposto a sua sobrevivência no mercado. Uma estratégia assertiva para as organizações se manterem competitivas no mercado está relacionada à conquista de novos territórios, o que requer excelentes níveis de qualidade e produtividade. Neste universo o setor de manutenção se revela como uma área estratégica e que contribui para a garantia dos diferenciais que as empresas pretendem disponibilizar para o mercado.

Tratando-se de manutenção, Kardec e Nascif (2019), afirmam que uma forma correta de executar a manutenção está intimamente ligada à disponibilidade do equipamento que por sua vez está conectada ao *uptime* da unidade de produção em questão. Portanto, através de uma boa disponibilidade de equipamentos, é muito possível que a indústria venha atingir os respectivos objetivos estratégicos, sejam eles relacionados a entrega de um serviço, produto ou processos produtivos.

Frente aos problemas operacionais que dificultam a disponibilidade de equipamentos é importante considerar uma análise de modos e efeitos de falhas em conjunto com um processo analítico de hierarquia. Carvalho e Sobral (2021) levantaram os oito principais fatores de operação e manutenção que influenciam na disponibilidade operacional de um ativo crítico, concluindo que em 21.16% dos casos o principal fator influenciador foi o planejamento da manutenção, seguido por 20.99% da gestão de sobressalentes e compondo um pódio com o treinamento da equipe com seus 13.82%.

Tratando-se de planejamento em manutenção, é importante considerar que os gastos podem ser altos dependendo da especificidade dos equipamentos e sua quantidade, neste sentido as grandes corporações investindo significativamente na manutenção dos seus ativos. Nesta linha, a referência mundial e maior petroleira do Brasil a Companhia Petróleo Brasileiro S/A (PETROBRAS) visando fortalecer as suas operações para o ano de 2023, estima um investimento na casa dos USD \$220 milhões em manutenção das suas plataformas de

produção localizadas na Bacia de Campos no eixo 2022-2023. (AGÊNCIA PETROBRÁS, 2022)

Dado a importância de se aprofundar nos processos de planejamento da manutenção, muitos pesquisadores estão buscando compreender o funcionamento deste setor em diversos segmentos, em especial no setor de óleo e gás.

Coelho (2022) desenvolveu um estudo intitulado Propostas de melhorias na gestão da manutenção para aumento da disponibilidade de equipamentos no setor de óleo e gás: uma revisão sistemática da literatura, esse trabalho teve como objetivo estudar a partir de uma revisão sistemática da literatura a relação entre a gestão da manutenção e mantabilidade para aumento da disponibilidade de equipamentos. A autora mostrou em seus resultados que considerando as limitações do respectivo estudo, pode-se afirmar que houve um crescimento de publicações ao longo dos últimos anos, desde 2016, o que revela também a importância do tópico para ampliar a base teórica acerca do assunto e a disponibilidade de estudos para que sejam úteis para tomadas de decisões pelos profissionais do mercado.

Espinosa Fuentes (2006) apud. Palomares (2019) desenvolveu uma metodologia para identificar concepções da manutenção, suportar as decisões e implementar a oxigenação da gestão da manutenção. Os resultados do estudo mostraram que a metodologia sugerida combina aspectos técnicos, administrativos, humanos e econômicos. Sendo assim, disponibiliza bases para que os gestores de manutenção tomem decisões mais assertivas, inovando no modelo atual de gerir os serviços de manutenção.

Já Silva (2013) apud Stabile (2020), intitulou seu estudo como Otimização da manutenção em plataformas offshore de exploração e produção de Petróleo, tal estudo objetivou obter uma visão geral do suporte de variados tipos de apoio em atividades de manutenção em plataformas do ramo do petróleo, utilizando dados advindos da realidade industrial. O autor concluiu que este projeto trouxe uma análise eficiente acerca da problemática de espaços requeridos em plataformas, possibilitando realizar todos os serviços de manutenção de tal forma que elas possam manter um elevado nível de produção.

Acerca dos equipamentos para operações submarinas, Ematné e Guedes (2019) realizaram um estudo intitulado Gestão da Produtividade: estudo de caso para análise de métodos e práticas adotados na manutenção de sistemas de ROV, visando comparar a metodologia de manutenção dos ativos da empresa, com as alternativas técnicas através de uma revisão bibliográfica. Os autores optaram por um estudo de caso numa empresa atuante no segmento de robótica submarina que presta serviço para a indústria de óleo e gás. As análises realizadas evidenciaram que a empresa estudada adota metodologias conhecidas em seu sistema

de manutenção e observaram que é possível incrementar as metodologias por meio da apresentação de técnicas inovadoras de manutenção, que atendam à indústria petrolífera.

Alonso (2022), em sua publicação, buscou incorporar a mitigação de riscos aplicada em conjunto com a modelagem e simulação de eventos discretos como ferramentas de apoio à tomada de decisão por políticas de manutenção que acarretem aumento da disponibilidade e da produtividade fabril. A autora notou que foi possível desenvolver um ranking de prioridades de estações de trabalho e os respectivos tipos de falha a serem incluídos nas propostas de políticas de manutenção preventiva, a fim de maximizar a disponibilidade e a produtividade do ambiente analisado.

Por fim, no que tange aos planos de manutenção, Relvas e Mendonça (2019), analisaram os destaques no que tange os planos de manutenção de turbinas aeroderivadas. Os resultados mostraram que o planejamento de acordo com as necessidades do equipamento pode contribuir em diversas dimensões, entre elas: reduzir o impacto financeiro das manutenções, prolongar o ciclo de vida das máquinas e aumentar a sua confiabilidade.

Considerando a importância de ampliar a base teórica dos estudos voltados para manutenção no setor de óleo e gás, uma vez que muitos equipamentos são de altíssima relevância para as operações offshore, o presente trabalho pretende compreender os equipamentos de guindastes articulados com sistema de compensação ativa de ondas, visando propor um plano de manutenção que minimize problemas operacionais.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo analisar o setor de manutenção de uma organização do setor de óleo e gás que atua no segmento de guindastes e propor um plano de manutenção preditiva para os guindastes articulados com o sistema de compensação ativa de ondas, visando minimizar problemas operacionais.

1.2.2 Objetivos específicos

- A. Contextualizar a manutenção e sua história.
- B. Descrever sobre as tipologias de manutenção e os modelos adotados no mercado.
- C. Descrever a importância da manutenção no setor de óleo e gás

- D. Apresentar os principais modelos de guindastes
- E. Apresentar as principais normas que orientam a operação e a manutenção dos guindastes offshore.
- F. Finalmente apresentar os processos de solicitação de serviços em guindastes de uma empresa do setor de óleo e gás e sugerir um plano de manutenção preditiva.

1.3 JUSTIFICATIVA

O mercado de operações do setor de Óleo e Gás tem sistematicamente elevado o nível de exigência no que tange a disponibilidade de equipamentos em suas unidades produtivas. A não disponibilidade de um equipamento chave para as operações pode levar a companhia a enfrentar diversas perturbações no seu planejamento, como arcar com um considerável prejuízo financeiro, lidar com um atraso no andamento do projeto e, não obstante a um custo de oportunidade futura por conta dos atrasos. Marcorini e Lima (2003), já diziam que diversos são os custos pela falta de manutenção, num primeiro nível pode-se observar custos, com mão de obra, ferramentas, instrumentos e materiais aplicados no reparo, entretanto, outros maiores custos estão adicionados como decorrentes da indisponibilidade do equipamento e impactos comerciais negativos, com possíveis desdobramentos sobre a visão do mercado com relação a empresa.

Campos e Moura (2019) reforçaram que a falta de confiabilidade nas máquinas e nos equipamentos, é um fator que compromete a disponibilidade de equipamentos e reduz, portanto, a competitividade das organizações. Carneiro (2019) mostrou que a indisponibilidade dos equipamentos é uma preocupação constante dos gestores, e esse fator se complica quando a essa indisponibilidade está relacionada com problemas de manutenção dos ativos das organizações

Naturalmente as empresas do mercado de Óleo e Gás têm planos de manutenção para seus equipamentos a fim de garantir suas operações, em alguns casos a serem fornecidos pelos próprios fabricantes dos equipamentos visando facilitar a gestão de manutenção dos seus clientes. Todavia, tais planos não funcionam de forma unânime, assim ocasionalmente os operadores têm de lidar com paradas em seus equipamentos. Concomitantemente as empresas petrolíferas atuam controlando os indicadores de eficiência global dos equipamentos das empresas, Oliveira (2019) a fim de garantir as operações e que seus fornecedores adotem políticas robustas de gestão de manutenção dos seus ativos.

Os guindastes articulados com sistema de compensação ativa de ondas são amplamente utilizados nas operações offshore, focados nas operações submarinas com movimentação de altas cargas. Nas operações submarinas é grande a influência dos movimentos marítimos na manipulação da carga, sendo indispensável o recurso de compensação ativas de ondas a fim de garantir uma operação eficiente e segura. Problemas nos Guindastes podem acarretar perdas significativas para as organizações em diversas dimensões, como financeira, de segurança, para imagem da empresa, além dos riscos às vidas e multas contratuais. Embora as empresas contem com um plano de manutenção para este equipamento, nota-se uma dificuldade para garantir a disponibilidade ou *uptime* deste equipamento, portanto, a elaboração de uma proposta de plano de manutenção preditiva pode contribuir para minimizar os gargalos instalados.

Apesar do presente trabalho abordar um modelo específico de guindaste, os conceitos aqui sugeridos poderão ser aplicados na gestão de manutenção de outros modelos de guindastes com as devidas observações e limitações.

1.4 MOTIVAÇÃO PESSOAL

A motivação para o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso baseou-se primeiramente no desejo pessoal de se aprofundar na gestão de manutenção de guindastes utilizados nas operações *offshore* da indústria de óleo e gás. Em segundo lugar, pelo contato diário com o delineamento dos serviços de manutenção de tais equipamentos em uma fabricante referência mundial no assunto. O autor teve seu interesse estimulado por ter gerido diversas situações de indisponibilidade emergenciais (*downtime*) de guindastes onde suspeita-se de terem ocorrido por falhas na gestão de manutenção dos equipamentos. Dessa forma foi possível prospectar a oportunidade de sugerir um plano de manutenção preditiva a fim de agregar aos estudos já realizados e paralelamente criar um material da academia passível de consulta da indústria com um impacto real nas operações.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Na primeira parte do trabalho foi apresentado a introdução, contemplando a contextualização do tema, os objetivos, a justificativa e a motivação pessoal. Na segunda parte será apresentado o referencial teórico, contendo as tipologias de manutenção, importância da manutenção do setor de óleo e gás, os guindastes offshore e suas principais variações e principais normas que subsidiam a operação e a manutenção dos guindastes offshore no setor

de óleo e gás. Na terceira parte serão apresentados os procedimentos metodológicos adotados. Na quarta parte será apresentado o estudo de caso analisado, além da proposta de um plano de manutenção para o equipamento. Na quinta parte é contextualizado a discussão dos resultados e por fim, a conclusão e as referências adotadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção será apresentado o referencial teórico, com o objetivo de catalisar a sedimentação das informações e contextualizá-las a fim de obter-se uma melhor compreensão das metodologias e conceitos abordados no estudo de caso. Faz-se parte um breve overview sobre a história do petróleo, os conceitos da manutenção e suas tipologias, a importância da mesma no setor de óleo e gás, um briefing sobre os equipamentos de movimentação de carga com ênfase nos modelos de guindastes, seguido pelas principais normas que subsidiam a operação e a manutenção dos guindastes offshore no óleo e gás.

2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE MANUTENÇÃO

Almeida (2018) define a manutenção como um grupo de providências combinadas a metodologias técnicas vitais para o funcionamento correto, não obstante ao reparo de máquinas, equipamentos, peças, moldes e ferramentas. A palavra é derivada do latim *manus tenere*, que quer dizer manter o que se tem, paralelamente é definida de variadas formas por órgãos conectados ao meio, todavia focada na preocupação com a operacionalidade das máquinas e equipamentos, primordialmente aos envolvidos no meio produtivo.

Almeida (2018) constata que a manutenção não restringe a sua atuação a máquinas e equipamentos operacionalizados; atua conjuntamente no engendramento de um projeto, pois como as peças estarão dispostas, o quão fácil o conjunto será acessado pelo agente de manutenção e ainda mesmo o dimensionamento das peças e dos componentes deverão seguir a padrões para prover um ambiente favorável às futuras operações de manutenção. Da Silva (2018) observa que a manutenção como medidas para completar um vazio deixado pela falta de confiabilidade de uma máquina ou equipamento desenvolvido pela engenharia. Tais fluxos demandam investimentos que devem ser adequadamente planejados, pois uma relação de falta-excesso desbalanceada com relação a manutenção de um equipamento pode gerar uma inviabilidade no processo produtivo, assim uma boa manutenção mostra-se imprescindível e sua execução deve estar conectada ao momento preciso de aplicação da mesma.

Decorrente do expressivo aumento na quantidade e multiplicidade de itens físicos, como instalações, equipamentos e ferramentas, a manutenção viu-se pressionada a evoluir a fim de assegurar a operacionalidade dos projetos de equipamentos e sistemas produtivos que vem se tornando mais complexos com o passar dos anos. (SILVA, 2018).

Para Michelin (2019) existe a possibilidade de definir a manutenção em subdivisões de medidas e ações futuras, pode-se observar na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) 5462 (1994) a classificação das manutenções em procedimentos corretivos, preventivos e preditivos, onde nenhum dos procedimentos são intercambiáveis, mas se utilizadas em congruência é possível alcançar indicadores positivos no tocante às performances globais de gerenciamento.

Buscando um ponto de vista normalizado pode-se observar as definições apresentadas pela ABNT. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) normatiza através da NBR 5462/1994 que a manutenção corretiva pode ser definida como uma combinação de diversas ações técnicas e administrativas, com as atividades de supervisão incluídas, que tem por objetivo sustentar ou reabilitar um item em um parâmetro no qual possa desempenhar a sua função requerida. Além disso, a NBR 5462/1994 dispõe de três tipos de manutenção: a corretiva, a preventiva e a preditiva. A definição de qual deverá ser adotada tomará como base o objetivo final do gestor no tocante aos níveis de disponibilidade e confiabilidade dos seus equipamentos.

A NBR 5462 ainda versa sobre a definição de disponibilidade, que culmina sendo a capacidade de um ativo manter-se em condições de executar as suas funções de origem em um dado instante, considerando a combinação dos aspectos de confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção.

Kardec e Nascif (2019) fundamentam que a evolução da manutenção se divide em seis gerações, com seu início nos anos 30 do século passado.

Primeira geração: pouco antes da guerra o grau de mecanização industrial era insuficiente, os equipamentos eram simples e eram dimensionados acima da necessidade real.

Segunda geração: no pós-guerra, dos anos 1950 aos anos 70, a mecanização aumentou muito devido ao aumento da demanda por uma ampla gama de produtos devido ao estresse do tempo de guerra, que começou a indicar a necessidade de maior disponibilidade e confiabilidade. Com isso evidenciou-se que falhas de equipamentos poderiam e deveriam ser evitadas, levando ao conceito de manutenção preventiva.

Terceira geração: a partir da década de 70, aumentou-se a adesão ao conceito e o uso da manutenção preditiva, não obstante dos avanços da tecnologia da informação que possibilitaram o desenvolvimento de softwares de planejamento.

Quarta geração: mantendo as expectativas de manutenção de terceira geração, a disponibilidade torna-se um dos indicadores de desempenho mais importantes aliada a integração das atividades de engenharia de manutenção.

Quinta geração: mantém as práticas de quarta geração, mas se concentra nos resultados de negócios para alcançar a competitividade. Os ativos estão sempre focados na produção para obter o melhor retorno sobre os ativos (ROA, *Return on Investments*). Quando se trata de manutenção, além de monitorar os ativos para operar com eficiência máxima, são adicionadas a manutenção preventiva e o monitoramento de condições.

Sexta geração: Com o surgimento do conceito de Indústria 4.0 em 2010, novas tecnologias aplicadas a indústrias como robótica avançada e inteligência artificial permitem mudanças sensíveis nos métodos de processamento ou fabricação, além de alterar os métodos de manutenção.

Se mostra inegável que com o passar dos anos a importância da manutenção vem se desenvolvendo, paralelamente os estudos e a confecção de material acadêmico vem acompanhando tal movimento. Com isso pôde-se ampliar o conceito da manutenção, acarretando no surgimento de diversas vertentes. Na próxima seção, serão apresentadas algumas tipologias de manutenção amplamente difundidas no meio corporativo e acadêmico.

2.2 TIPOLOGIAS DE MANUTENÇÃO

O objetivo funcional da manutenção vem evoluindo ao longo da metade do último século, tal evolução tem se mostrado invariável e com agudo crescimento. Toda essa evolução pode ser caracterizada através dos novos meios técnicos e estratégicos utilizados na manutenção contemporânea, aliados a interação do mercado com os mesmos, Amaral (2016). Nesta seção, serão abordadas algumas variedades desses meios de manutenção citados acima.

2.2.1 Manutenção Corretiva

Para a ABNT 5462 (1994), a manutenção corretiva é realizada após uma falha, quebra ou defeito e tem como objetivo substituir um equipamento ou estrutura em condições de desempenhar sua função pretendida, ou seja, realizar operações com o objetivo de correção da falha para que o equipamento ou instalação exerçam suas funções no processo produtivo. Bloom (2005) destaca que a manutenção corretiva é o trabalho realizado para corrigir um mau funcionamento ocorrido em uma máquina.

Teles (2017) descreve que 69% das empresas brasileiras utilizam a tecnologia de manutenção corretiva como a central para manutenção de seus equipamentos. Segundo a

definição de Otani e Machado (2008), a classificação pode ser dividida em duas categorias distintas para fins corretivos e são organizadas como tal:

A manutenção não planejada e de natureza corretiva refere-se à correção de uma falha de maneira aleatória. Essencialmente, é o esforço para corrigir uma ocorrência de baixo desempenho ou mau funcionamento que ocorre de forma imprevisível. Os custos associados a este tipo de manutenção são normalmente elevados, devido ao maior dano infligido aos equipamentos e consequente diminuição da produção.

Manutenção Corretiva Planejada: é uma decisão que pode ocorrer com base no acompanhamento gerencial, na previsão ou mesmo na decisão de operar até que a falha de fato ocorra.

Teles (2017) defende que a manutenção corretiva se mostra a técnica de manutenção com maior custo a ser realizada por uma empresa, pois quase sempre é realizada após um ponto potencial de falha, com isso demora mais para ser realizada e muitas vezes durante o processo produtivo. Este valor pode ser sete vezes maior quando comparado às outras técnicas de manutenção. Esse custo pode ser caracterizado por compras urgentes, danos auxiliares e tempo.

Compras Urgentes: a falta de planejamento para manutenções que devem ser feitas com urgência tira todo o planejamento do processo. Como resultado, o custo de aquisição de consumíveis para manter esse equipamento pode ser sete vezes maior, pois ele é adquirido de um fornecedor com preços mais altos do que os concorrentes e com prazos de entrega mais curtos.

Danos auxiliares: pequenas avarias podem se transformar em manutenção complexa devido ao desgaste não reconhecido.

Tempo: A manutenção corretiva demora mais em relação a preditiva, dada a eliminação da causa raiz, pois não há um plano para executar o trabalho

2.2.2 Manutenção Preventiva

De acordo com a ABNT 5462 (1994), a manutenção preventiva é definida como a vertente realizada em intervalos previamente determinados ou em consonância com critérios estabelecidos, projetada para reduzir a probabilidade de falha e degradação do equipamento. Otani e Machado (2008) também afirmam que a manutenção preventiva é uma ação planejada com base em um período de tempo definido para reduzir falhas ou decréscimo do desempenho.

Para Michelon (2019), o sucesso das ações de manutenção preventiva depende muito

dos intervalos de tempo programados entre elas. Acertar os intervalos muitas vezes gera custos desnecessários devido a reposição antecipada de peças. O autor ainda defende que a manutenção preventiva funciona em gatilhos, ou seja, tais recursos podem ser critérios ou condições que determinam o momento que um equipamento deve ser mantido. Esses sinais podem ser categorizados como: tempo, horário comercial, produtividade e mistos.

Kardec e Nascif (2019) enfatizam que como os fabricantes carecem fornecimento de dados precisos sobre a adoção de programas de manutenção, se faz necessário utilizar de forma preventiva alguns parâmetros de plantas similares que estejam operando em condições semelhantes. Isso leva a dois cenários distintos: falhas que ocorrem antes do término do período de intervenção previsto, resultando em manutenções corretivas não programadas e equipamentos serem desmontados ou substituídos prematuramente, aumentando os custos de manutenção. As desvantagens associadas à manutenção preventiva são falhas aleatórias ou externas, como o erro humano, a contaminação do sistema de óleo e as falhas nos procedimentos de manutenção. Todavia, além de proteger contra falhas catastróficas, também é aplicável em situações onde existem riscos ao meio ambiente e à segurança humana (KARDEC e NASCIF, 2019).

2.2.3 Manutenção Preditiva

A ABNT 5462 (1994), defende que a manutenção preditiva garante a qualidade de serviço esperada, baseada na aplicação de técnicas analíticas, monitoramento e amostragem de componentes de equipamentos usados, para reduzir a necessidade de manutenções preventivas e a ocorrência de manutenções corretivas. Como afirma Teles (2017), a técnica denominada manutenção sob condição ou manutenção baseada no estado do equipamento visa prever o estado futuro de um sistema ou equipamento usando dados coletados ao longo do tempo por instrumentação especializada. Isso envolve monitorar e rastrear as variáveis do equipamento para identificar tendências e padrões.

Para Branco (2008), a manutenção preditiva oferece o benefício de aumentar a vida útil dos componentes, minimizando as intervenções nos equipamentos, diminuindo assim a necessidade de reparos desnecessários. Kardec e Nascif (2019) sugerem que a implementação da manutenção preditiva garante flexibilidade, pois realiza verificações durante a operação ou produção dos equipamentos, sem exigir intervenções nos equipamentos ou sistemas. O objetivo principal deste objetivo é antecipar o mau funcionamento do equipamento por meio de sua previsão antecipada. Portanto, uma vez que o monitoramento de parâmetros se aproxima ou

excede o limite predeterminado, é tomada uma decisão de intervenção, que constitui efetivamente uma manutenção corretiva planejada. (KARDEC e NASCIF, 2019)

2.2.4 Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC)

Lima Junior (2019) descreveu que o principal objetivo do MCC é prevenir a funcionalidade de cada dispositivo ou componente dentro do sistema, reduzir o custo de manutenção do ativo e aumentar sua confiabilidade e disponibilidade. No final da década de 1960, a pedido do Departamento de Defesa dos EUA, F. Stanley Nowlan e Haword F.Heap fizeram parte do *United Airlines Working Group*, sigla MSG-1 (*Maintenance Steering Group*), que desenvolveram um procedimento de manutenção com foco na funcionalidade, consequências das falhas e as maneiras em que essas falhas se manifestavam. Esse estudo culminou no desenvolvimento da *Reliability-Centered Maintenance* (RCM), ou manutenção centrada na confiabilidade, que inicialmente teve como abordagem a aplicação na indústria aeroespacial e posteriormente à Marinha dos Estados Unidos. (SILVA, 2018)

De acordo com a perspectiva de Siqueira (2012), o MCC deve identificar as necessidades de manutenção de modos de falha que tenham o potencial de levar à disfunção de quaisquer objetos físicos dentro de seu ambiente operacional. Para o autor, o processo de manutenção consistia em desativar o equipamento, examinar todos os seus componentes e tomar todas as medidas possíveis para preservá-lo, de forma diferente a MCC tem a proposta de assegurar o bom funcionamento do equipamento mantendo as medidas de segurança pertinentes, aliado a restauração da operação segura e confiável do equipamento após o desgaste sem desconsiderar a maximização de sua disponibilidade. Por conseguinte, a MMC também direciona suas orientações a reduzir os gastos incorridos ao longo da vida do equipamento com o foco em aplicar os recursos baseado na relação impacto x resultado proveniente de uma possível falha. A escolha de evitar a execução de tarefas desnecessárias e registrar tais justificativas que se mostre basilar para tomada de decisão também faz parte do conceito da MMC.

Muito se conjectura com relação aos princípios basilares dos conceitos, pois o objetivo para o qual tal conceito foi desenvolvido costumeiramente despertará o interesse da sociedade. Para Michelin (2019) a MCC utiliza a estratégia do ramo de negócio a seu favor, direcionado especialmente a atenção para os resultados como um todo, alcançando assim o objetivo de se mostrar uma estratégia de manutenção efetiva quando aplicada.

2.2.5 Planejamento e Organização de Planos de Manutenção

Para alcançar um alto patamar de disponibilidade de um equipamento não basta apenas saber quais as variações da manutenção têm-se atualmente no mercado, mas também saber gerir e escolher o plano de manutenção mais adequado à realidade da empresa em questão. O plano de manutenção é um instrumento importante para gestão do setor, conforme Bussacaro e Azzolini (2019) a manutenção, quando bem gerenciada, proporciona maior disponibilidade dos equipamentos, o que melhora o desempenho e a confiabilidade. As tecnologias quando bem empregadas visam antecipar os problemas e assim atuar de forma preventiva.

Reis (2021) descreve o Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) como uma das ferramentas responsáveis por aprimorar a gestão da utilização das vertentes da manutenção dentro das empresas. O autor também destaca que ter um planejador de manutenção mostra-se como um grande diferencial na busca da excelência do planejamento da manutenção. Com um profissional dessa natureza se faz possível criar um mapa de atividades que descreva os detalhes necessários como o quê necessita ser feito, como será feito, o lugar onde será realizada a atividade de manutenção, quando irá ocorrer a mesma e quais recursos serão necessários, assim é possível minimizar as interferências durante a atividade e reduzir o tempo ocioso e a locação em demasia de mão de obra .

Sempre que for possível minimizar ao máximo as paradas dos equipamentos, poderá se observar um aumento na produtividade e na eficácia da mão de obra que atua diretamente na atividade. O planejador também auxiliará a manter a documentação consistente das atividades de rotina e acompanhar o desempenho da equipe de forma sistemática, pois sempre é importante padronizar os procedimentos de execução das tarefas, para criar uma disponibilização de conhecimento para o futuro. (REIS, 2021)

Tratando-se da elaboração do plano de manutenção, Chaves (2019) sinaliza que diversas ferramentas de gestão foram propostas para auxiliar neste processo. Algumas dessas ferramentas são a do Círculo de Controle de Qualidade (CCQ), a Manutenção Produtiva Total (MPT) e o Gerenciamento Total de Qualidade (GTQ). O autor destaca que a simples adoção de tais estratégias na gestão da manutenção de seus ativos de forma isolada, não garantirá resultados positivos, embora sejam úteis quando aplicadas de maneira adequada.

Relvas e Mendonça (2019) afirmam que para garantir a melhoria do desempenho da gestão, é necessário integrar todos os métodos de manutenção, devido à crescente diversidade de equipamentos e aumento da produtividade e qualidade, a responsabilidade de manter a disponibilidade e confiabilidade tornou-se uma tarefa significativa para a gestão da

manutenção. Logo, a escolha correta do método de gestão a ser aplicado a cada nicho da indústria é de altíssima relevância. Com isso, na próxima seção, será abordado a relevância da gestão da manutenção no nicho da indústria de Óleo e Gás.

Adentrando o quesito da formulação de um plano de manutenção, Xenos (1998) afirma que um plano de manutenção engloba a preparação dos serviços de manutenção e a alocação de recursos no processo de manutenção. Isso inclui um conjunto de medidas proativas a fim de prevenir o mau funcionamento do equipamento e garantir a disponibilidade eficiente do mesmo, o que resume essencialmente o núcleo de um plano de manutenção. Algumas dessas ações podem ser, por exemplo:

- A categorização dos equipamentos com base na sua importância dentro do sistema de produção
- A determinação da frequência e método de manutenção adequados para cada equipamento, tais parâmetros serão delineados por inspeções periódicas e por situações onde ocorra a substituição ou reparo de peças do equipamento.
- Utilizar KPI (*Key Performance Indicators*) a fim de a eficácia do plano de manutenção.
- Manter o monitoramento da gestão do ativo para tomada de ações corretivas quando necessário.

Relvas e Mendonça (2019) tem uma abordagem diferente no que tange os pontos a serem observados na confecção de um plano de manutenção, na primeira etapa deve-se escolher um responsável pelo plano de manutenção, o autor afirma que normalmente, o controle administrativo de um projeto deve ser atribuído a um indivíduo designado que ocupa o cargo de líder de produção. Este funcionário atua como representante do planejamento das atividades de manutenção e produção, supervisionando o gerenciamento geral das operações do projeto.

A segunda etapa na concepção de um plano de manutenção é identificar o equipamento específico que será o foco da atenção e suas especificações técnicas. A terceira parte consiste em observar o fluxo de produção da empresa e considerar como o plano de manutenção será impactado pelo fluxo natural da organização. Deve-se também identificar a janela de tempo disponível para as atividades de manutenção e aliar com o treinamento dos responsáveis pelas tarefas diretas e indiretas de manutenção.

A documentação se mostra como componente essencial de todas as tarefas executadas para dar suporte adequado a cada atividade, registrando o executor, a data e hora da tarefa, a metodologia utilizada e o objetivo por trás dela. Portanto, a documentação não é apenas necessária, mas crucial para o gerenciamento adequado das tarefas executadas, outro ponto a ser considerado é a necessidade de integração, pois é fundamental que todas as partes

envolvidas tenham acesso às informações sobre as atividades de manutenção e interajam com outras áreas da empresa. (RELVAS E MENDONÇA (2019))

Também pode-se observar, a visão dos autores onde discute que a organização de um plano de manutenção perpassa por uma análise de defeitos para confirmar a presença de problemas mecânicos e determinar as etapas necessárias para evitar que os mesmos problemas apareçam novamente.

A API menciona na RP 2D a necessidade da aplicação de planos de manutenções preditivas, exemplificando os planos de preditiva pré-operação, mensal, quadrimestral, semestral e anual. O quadro 1 mostra uma adaptação de um checklist verificação pré-operação presente na API RP 2D:

Quadro 1 – Checklist pré operação adaptado da API RP 2D

Ação a ser realizada	OK	Falha	Comentários
Realizar inspeção visual no guincho e na estrutura de suporte a procura de danos			
Checar os motores e os níveis de óleo hidráulico			
Checar o nível de combustível (se aplicável) e líquido de arrefecimento			
Checar o funcionamento das ventoinhas e sirenes			
Checar vazamentos de combustível, óleo, líquido de arrefecimento, fluido hidráulico ou ar nas linhas pneumáticas			
Checar o funcionamento do sistema start-stop			
Checar vazamentos de lubrificante no guincho			
Checar se os mecanismos de parada de emergência de subida de cabo estão funcionando corretamente			
Checar o funcionamento dos instrumentos de operação incluindo os freios e manoplas			
Checar se existem alguns parafusos e pinos faltantes na estrutura ou estão em estado avançado de corrosão			
Checar a condição do cabo de aço se apresenta dano ou corrosão aparente			
Checar a condição das ferramentas de içamento como eslingas, ganchos e olhais			

Checar a trava do gancho do guincho principal			
Checar a operacionalidade condição do indicador de carga içada do guindaste			
Se certificar que o quadro de içamento de carga está presente na cabine			
Checar se a luz indicadora anti acidente aéreo está funcionando corretamente			
Checar o funcionamento da trava do sistema de içamento de pessoas			
Checar para vazamentos ou danos em sistemas não mecânicos			
Checar se a grade de controle de entrada e saída de pessoal do equipamento está funcionando corretamente			

Fonte: Adaptado API RP 2D

Portanto, para garantir um plano de manutenção eficiente, é importante garantir que os relatórios de manutenção sejam concluídos dentro dos prazos designados e realizar o monitoramento mensal dos mesmos, além de usar ferramentas para analisar as manutenções preventivas futuras, coletando dados para que o desenvolvimento dos planos de manutenção esteja sempre atualizado. (RELVAS E MENDONÇA, 2019). O tópico 2.4 pretende ampliar as reflexões acerca da importância da área de manutenção no setor de óleo e gás.

2.3 A MANUTENÇÃO NO SETOR DE ÓLEO E GÁS

O presente tópico apresentará brevemente parte da história do petróleo e suas vertentes da perfuração e produção, conforme Azevedo (2022) que destaca em seu trabalho a evolução do mercado do petróleo com o passar dos anos, pretende-se ainda, relacionar a importância da área de manutenção para o setor de óleo e gás.

2.3.1 Breve histórico da Indústria do Petróleo

Nas primeiras campanhas de exploração de petróleo o mesmo era encontrado com facilidade em poços rasos ou em alguns casos com exsudação na superfície. Durante o final dos anos 1700, poços rasos eram a principal fonte de extração de petróleo, Azevedo (2022). O autor relata que as extrações iniciais eram focadas para a produção de querosene a fim de prover combustível para iluminação em meados do século XIX. Este período marcou o início da

exploração comercial e o aumento da produção de petróleo nos Estados Unidos. A extração de derivados de petróleo veio substituir os derivados de origem vegetal e animal, assim foi possível a indústria desfrutar de margens de lucro significativas.

Ainda segundo Azevedo (2022) a exploração de petróleo offshore começou nos últimos dez anos do século XIX, ao longo da costa californiana. Inicialmente, as unidades de exploração eram básicas, simplesmente ampliando os sistemas terrestres já utilizados. Tais estruturas eram construídas com estruturas treliçadas de madeira que se estendiam da costa californiana até os poços. Estas estruturas foram utilizadas para apoiar as plataformas de perfuração, bombas de extração e dutos de transporte, juntamente com outros equipamentos necessários.

Austin et al. (2008) observaram que durante o período que vai das décadas de 1940 a 1950, o foco do mercado petrolífero passou por uma migração no foco em campos *onshore* para offshore, especificamente por meio de licitações governamentais. Tal mudança trouxe melhorias significativas no conhecimento de perfuração do mercado, permitindo a perfuração em maiores profundidades, conseqüentemente elevando os custos e os requisitos técnicos das operações.

Em decorrência da criação de demanda por tecnologias de perfuração com o passar dos anos, bem como, com o aumento da demanda de petróleo por parte da sociedade, deu-se início a criação de empresas para o desenvolvimento e comercialização de tais tecnologias e essas empresas tiveram um papel importante para fortalecer as operações no setor de O & G.

Dutra (1995) aborda que a *OilWell Co.*, *Nacional Supply Co.* e a *Byron Jackson* estiveram entre as primeiras empresas a fornecer equipamentos para o mercado de petróleo há mais de um século. No início, essas empresas funcionavam como oficinas mecânicas e ofereciam principalmente instrumentos e equipamentos, além de fabricar e consertar máquinas especializadas. Dessas empresas, as duas primeiras fundiram-se e continuam sendo os fabricantes mais antigos de equipamentos de perfuração, enquanto a terceira foi adquirida pela *Halliburton Co.* A virada do século viu um aumento na utilização de tubos de aço e ligas metálicas inovadoras, o que levou dois líderes do setor a expandir suas operações para incluir a construção de poços.

Ao longo do século XX, as instituições passaram por mudanças significativas, com o surgimento de novos objetivos como a prevenção de acidentes, a segurança do trabalho, a padronização de produtos, processos e equipamentos, o avanço da tecnologia e da produtividade. Esses objetivos tendem a ser alcançados institucionalmente, pois as indústrias modernas se esforçam para obter os melhores resultados possíveis. Isso se reflete em seu compromisso em obter as certificações de diversas naturezas. (DUTRA, 1995)

Atualmente, algumas empresas vêm desenvolvendo ferramentas a fim de prover alternativas mais eficientes para o mercado. Como exemplo, de acordo com edição de maio de 2023 da revista *Subsea & Energy* do Brasil, no ano de 2023 a Petróleo Brasileiro S.A (Petrobras) firmou um acordo pioneiro com a *National Oilwell Varco* (NOV) para a implementação de um pacote completo de automação para o sistema de perfuração em uma sonda de uma prestadora de serviços em O&G.

A adoção de sistemas de automação a fim de apoiar as operações de perfuração está se desdobrando em maior eficiência e desempenho para as empresas que escolhem investir nessa ferramenta. A publicação destacou que as novas tecnologias desenvolvidas pelos fabricantes em geral, permitem que não somente haja um ganho operacional, mas também de gestão em diversas frentes, pois o sistema permite a padronização de atividades que ocorrem na perfuração, independentemente do operador.

Um outro exemplo refere-se a uma tecnologia inovadora chamada de ATOM RTX™, um robô que pode atuar em diversas frentes na área de perfuração de uma sonda como o manuseio de tubos de perfuração, lubrificação e estabilização de colunas. A figura 1 mostra o ATOM RTX™ em ação:

Figura 1 - ATOM RTX™ em ação numa sonda de terra



Fonte: Divulgação NOV

Neste sentido, nota-se que há uma gama de equipamentos e tecnologias disponíveis atualmente e que requerem uma atenção estratégica no que tange aos aspectos relativos à manutenção, visando atender a disponibilidade dos mesmos. Na seção 2.3.2 será conceituado de forma breve a importância da manutenção nas operações de óleo de gás.

2.3.2 Aspectos da manutenção no setor de Óleo e Gás

Elwerfalli e Al-Maqesp (2021) afirmam que na atual indústria de petróleo e gás, a manutenção é considerada o evento mais crucial. Para os autores, esse termo abrange uma variedade de tarefas que visam melhorar a qualidade do equipamento e seus componentes. É uma atividade que deve ser realizada tanto em situações regulares quanto em circunstâncias mais complexas. Seu objetivo fundamental é restaurar prontamente o equipamento ao seu estado de funcionamento, utilizando os recursos existentes, como mão de obra, ferramentas e peças de reposição, a fim de facilitar e melhorar as atividades de manutenção, reduzir a frequência de falhas e aprimorar as habilidades.

Sahdom, Hoe e Dihllon (2019) expõem que a gestão eficiente da manutenção exige a implementação de metodologias e ferramentas adequadas para facilitar o controle e planejamento dos projetos, minimizando os fatores de risco e possíveis impactos. Na indústria petrolífera diversas máquinas e equipamentos são utilizados para realizar a extração de petróleo e gás. Os autores destacam que os maiores problemas surgem quando qualquer peça do equipamento passa por uma manutenção não planejada. A manutenção não planejada causará atrasos não planejados que paralisarão as operações, acarretando impactos comerciais. As empresas podem alinhar recursos para o desenvolvimento de sistemas de monitoramento com base no status atual e no histórico do equipamento, mas, idealmente, devem haver mecanismos para também gerar previsões em tempo real sobre as condições do equipamento.

Aspectos da manutenção são considerados no âmbito de projetos, normas, minimização de riscos e vigilância a fim de garantir uma operação segura.

Em relação aos projetos, Silveira (2015) sugere que a indústria de petróleo e gás desenvolve projetos que dependem fortemente de seus ativos em produção e exigem a colaboração de inúmeras empresas e organizações. O autor também observa que esses projetos são intrincados e vulneráveis a diversos fatores que podem dificultar seu sucesso. A descrição de Postali e Picchetti (2006) discorre que os projetos de exploração e produção de petróleo são caracterizados por altos níveis de risco e incerteza, com decisões tomadas no início do ciclo de vida do projeto tendo um impacto significativo em sua duração geral. Onofre (2013) afirma que o caráter exigente dos projetos offshore – incluindo alocação de recursos significativos, necessidade de equipes multidisciplinares, frentes de trabalho amplas, cronogramas extensos e prazos cada vez mais curtos – apresenta uma série de fatores complicadores.

Acerca das Normas, Alharran (2022) discorre sobre algumas principais normas que regem os padrões de manutenção no ramo do óleo e gás mundial em destaque a API. Tais

normas guiam e auxiliam as empresas do ramo a desenvolverem seus planos de manutenção de forma segura e padronizada. O *American Petroleum Institute* (API) publicou diversos padrões de manutenção através de suas normas. A API organiza os seus famosos intervalos de inspeção com base na idade do equipamento, consequências de falhas, taxas de degradação e impacto ambiental.

Uma tipologia de grande valor refere-se à manutenção preditiva. Alharran (2022) destaca que a abordagem mais recente no tocante a manutenção preditiva que se baseia na visão inovadora com foco nos riscos. A ideia basilar do método é que o risco permaneça aceitável entre duas manutenções planejadas ou intervalos de inspeção. É importante salientar que esta situação pode não ser adequada para sistemas de engenharia complexos, que mudam rapidamente ou degradam com certa facilidade. As consequências de uma manutenção ineficaz podem ser a redução da vida útil do equipamento ou da planta, ferimentos nos trabalhadores encarregados de realizar tarefas de manutenção e acidentes ou incidentes.

Outro ponto importante levantado por Alharran (2022) é a constante vigilância no tocante aos acidentes durante os processos de manutenção, que podem ocasionar distúrbios no progresso da manutenção desejada. Durante os procedimentos de manutenção, podem ocorrer acidentes causados por vários fatores, como falha mecânica, complexidade das tarefas de manutenção, procedimentos de manutenção abaixo da média, exaustão dos funcionários, falta de experiência ou treinamento de atualização, medidas ou barreiras de segurança inadequadas e uma cultura de segurança deficiente na organização. Frequentemente, uma variedade de fatores organizacionais é reconhecida como fonte potencial de erros que podem levar a falhas de manutenção. Esses fatores organizacionais podem incluir falta de tempo para executar as tarefas necessárias, discrepâncias entre trabalho em realização e trabalho conjecturado, conhecimento inadequado dos padrões de segurança, equipamentos mal projetados e fundos insuficientes para fornecer treinamento adequado aos trabalhadores de manutenção.

Considerando os conceitos apresentados, nota-se uma evolução no que tange a gestão de ativos, destaca-se que o ativo principal deste trabalho são guindastes aplicados na indústria offshore. O tópico 2.2.1 introduz as principais variações de guindastes aplicados na indústria do Óleo e Gás.

2.4 GUINDASTES OFFSHORE E SUAS PRINCIPAIS VARIAÇÕES

Alves e Marcondes (2021) afirmam que atualmente, graças aos avanços da ciência e da engenharia, existe uma grande variedade de equipamentos para realizar operações complexas

de manuseio de cargas e os novos desafios que a indústria atual apresenta. No decorrer dos anos, conseguiu-se desenvolver e adaptar equipamentos de movimentação e elevação de cargas com diferentes características para diferentes situações e ambientes de forma a atender uma ampla gama de aplicações.

De acordo com a norma API RP 2D um guindaste pode ser definido como um dispositivo de elevação e rotação, montado em um pedestal para transferência de materiais e/ou pessoal de/para embarcações marítimas, barcaças e estruturas, incluindo o mar ou o fundo do mar.

Civita (1976) define os guindastes como um dos principais equipamentos para qualquer projeto de médio ou grande porte. Seu uso permite que a carga seja deslocada na vertical e na horizontal, até a posição desejada. No entanto, precisam ser operados com cuidado, pois, em alguns casos, erros podem levar a acidentes graves que resultam em danos significativos ou perda de dinheiro, acidentes que resultam em ferimentos graves ou até mesmo na morte de trabalhadores ou terceiros.

Ferreira (2008) cita em seu trabalho diversos modelos de guindastes disponíveis no mercado com as mais diversas aplicações como guindastes treliçados, guindastes hidráulicos, guindastes veiculares e suas variações. Devido a adesão do mercado pode-se destacar os guindastes treliçados especiais e guindastes hidráulicos especiais, o segundo modelo ainda dividido entre hidráulicos de lança articulado e os hidráulicos de lança telescópica.

Moura (1998), mostra que os guindastes treliçados são denominados dessa maneira por possuírem uma lança treliçada com seção de formato quadrangular ou triangular constituída por tubos em sua maioria. O comprimento da lança desses guindastes não varia devido ao acionamento do operador. Ele precisa ser pré-montado porque é dividido em várias partes: a primeira, que é conectada ao guindaste, são os "pés" e a última é a "ponta" de onde pendem os cabos de aço de elevação. Entre a base e a ponta, várias seções intercambiáveis de treliça de comprimento fixo podem ser encaixadas, conectando-as entre si para dar à lança o comprimento total desejado.

O comprimento da lança do guindaste treliçado é escolhido em conformidade com a situação mais exigente de cada peça, este comprimento será o mesmo do início ao fim da montagem. Os movimentos de subida e descida da lança são realizados por cabos de aço acionados por guinchos. Os guindastes treliçados especiais são montados conforme a atividade e as necessidades de cada situação, geralmente instalados em um ponto estratégico, sobre chassis especiais que se movimentam sobre trilhos, esteiras, balsas, etc, e as cargas são levantadas ou fixadas em pontos específicos. Existem vários tipos desses guindastes, eles

podem ser instalados em navios, estacionários ou móveis em áreas portuárias, industriais, mineradoras, plataformas de petróleo etc. A figura 2 apresenta o modelo 3D de guindaste treliçado especial:

Figura 2 - Modelo 3D de guindaste treliçado



Fonte: Liebherr (2023)

Em relação aos guindastes hidráulicos Moura (1998) afirma que os mesmos são denominados dessa forma pois as variações de comprimento total da lança e de seu ângulo de abertura são realizados através de comandos hidráulicos. Os guindastes telescópicos também são englobados nessa categoria em decorrência da sua capacidade de variar o comprimento da lança também a partir de comandos hidráulicos. Esses guindastes dispensam a montagem prévia da lança, nesse caso a mesma já vem acoplada ao equipamento, todavia apresentam uma considerável diminuição da sua capacidade de carga, de acordo com o aumento do comprimento e do ângulo de abertura de suas lanças. A figura 3 apresenta um modelo 3D de um guindaste hidráulico especial e a figura 4 mostra um guindaste hidráulico.

Figura 3 - Desenho 3D de guindaste hidráulico de lança articulada telescópico em ação



Fonte: MacGregor (2023)

Figura 4 - Guindaste hidráulico telescópico em ação a bordo do Normand Cutter



Fonte: Shipspotting (2023)

Moura (1998) explica que os guindastes hidráulicos especiais são fabricados *on demand* de acordo com a necessidade específica da atividade descrita pelo solicitante. Sua montagem pode ocorrer em um ponto fixo ou em qualquer estrutura especial que permita seu deslocamento em variados tipos de terreno podendo ser por trilhos, esteiras, rodas, entre outros. Esse modelo alcança uma variedade e versatilidade considerável, no que tange a sua montagem de maneira fixa pode-se destacar os arranjos a bordo dos navios, barcos, em regiões portuárias e industriais.

A figura 5 ilustra um modelo guindaste de lança articulada destacando os principais componentes externos do equipamento. Azevedo (2022) evidencia que tal modelo pode se caracterizar por conta do arranjo único de suas lanças que possibilitam também de maneira singular a movimentação das cargas priorizando a otimização de espaço. O autor sinalizou que o conceito de multi dominância pode ser aplicado aos guindastes, com seu domínio facetado em três sistemas que interagem entre si, sendo um sistema mecânico, sistema misto de componentes eletroeletrônicos e hidráulicos e o sistema de controle a automação do equipamento.

Figura 5 - Localização das partes externas principais de um guindaste articulado



Fonte: Adaptado de NOV (2023)

Quadro 2 – Legenda Figura 5

Nº	Item	Nº2	Item2
1	Pedestal	5	Lança principal
2	Sistema de Giro	6	Cilindros da lança articulada
3	Guincho auxiliar	7	Cilindros da lança principal
4	Guincho principal	8	Lança articulada

Fonte: Elaboração do autor

O quadro 3 mostra algumas informações técnicas a respeito das principais partes do equipamento em questão:

Quadro 3 - Informações técnicas de partes do guindaste

Item	Informações Técnicas
Pedestal	O pedestal suporta a parte rotativa do guindaste e é soldado à subestrutura da embarcação ou plataforma de perfuração
Sistema de giro	<p>A engrenagem de giro consiste em uma engrenagem planetária operada hidraulicamente e um freio de múltiplos discos de ação automática integrado a um sistema a prova de falhas. O torque de frenagem tem como objetivo manter o guindaste na carga máxima permitida, incluindo a carga adicional dinâmica máxima listada. Forças laterais causadas por cargas ou momentos decorrentes de ventos laterais podem fazer com que os freios deslizem para proteger as estruturas do guindaste e o maquinário contra danos.</p> <p>As engrenagens de giro são excêntricas, pois podem ser ajustadas durante o giro para obter a folga correta entre o pinhão e o rolamento de giro.</p>
Guincho principal Guincho auxiliar	<p>O modelo guindaste em questão é equipado com guincho principal de compensação ativa e um guincho auxiliar.</p> <p>Os guinchos de içamento possuem em sua composição um tambor de aço com carcaça ranhurada do tipo Lebus soldada ao corpo do tambor, uma base para o guincho e uma caixa de engrenagens planetária e motor hidráulico de deslocamento variável.</p> <p>Para a contagem de rotações do tambor usa-se um codificador de pulso localizado na base do guincho. Usualmente a ancoragem no tambor do guincho de içamento é projetada para suportar a carga de ruptura do cabo de aço aplicado.</p> <p>Também usam-se freios multidisco dinâmicos à prova de falhas e embreagens do tipo sprague operando imersas em óleo trabalham acopladas a caixa das planetárias.</p>
Lança principal articulada e	As lanças do guindaste são componentes estruturais que tem em sua estrutura feita em aço o formato de caixa fechada.(Viga Caixaão)
Cilindros da lança articulada e principal	<p>O controle do fluxo de óleo dos cilindros é realizado com o auxílio de uma válvula de bloqueio instalada diretamente na parte inferior do cilindro e seu acionamento de abertura ocorre no movimento de baixar a lança. O oposto ocorre no movimento de subida de lança</p> <p>As hastes dos pistões possuem cromagem de alto padrão para uma proteção efetiva contra corrosão e prolongamento da sua vida útil.</p>

Fonte: Adaptado da base de documentos da empresa X

Os guindastes articulados se mostram como versáteis ferramentas para realização das mais variadas operações, com otimização do espaço e alta capacidade de manejo de carga. Como tais equipamentos são utilizados para movimentação de grandes cargas, o aspecto de segurança se mostra imprescindível, para isso alguns institutos desenvolveram normas que definem diretrizes de manutenção para esses equipamentos, tais normas serão abordadas na próxima seção.

2.5 PRINCIPAIS NORMAS QUE SUBSIDIAM A OPERAÇÃO E A MANUTENÇÃO DOS GUINDASTES OFFSHORE NO SETOR DE ÓLEO E GÁS

A *American Petroleum Institute* (API) é o Instituto considerado no ramo de exploração de petróleo e gás, portanto, se faz presente em diversos segmentos da indústria de petróleo e gás natural mundial. As suas enormes gamas de empresas colaboradoras processam e distribuem a maior parte da energia do mundo e participam dos programas de excelência, com foco na governança ambiental e também na segurança e transparência na gestão de suas empresas. API (2023)

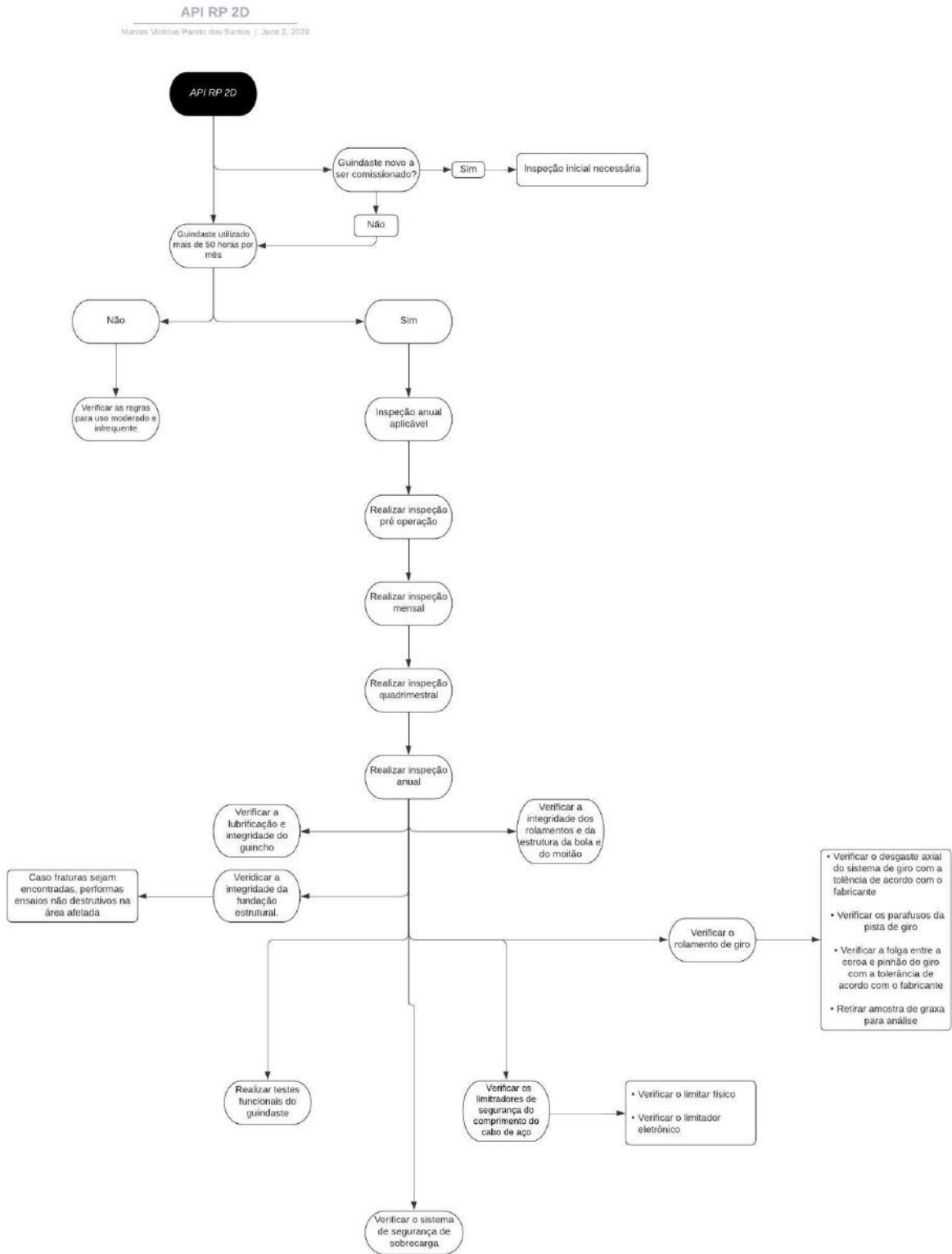
A API é uma organização, fundada em 1919, voltada para o desenvolvimento de padrões, tais padrões que atualmente ultrapassam a marca de 800 variações, desenvolvidos com o objetivo de prover as melhores linhas de governança no que tange a segurança operacional, gestão ambiental, eficiência energética e sustentabilidade. Inicialmente o foco da API se concentrava nas operações domésticas dentro dos Estados Unidos, porém com o passar dos anos a difusão de suas normas a nível mundial foi ganhando escala considerável alcançando a marca de ser referência mundial no seu campo de trabalho. A API tem como proposta o investimento massivo na condução ou desenvolvimento em inúmeras pesquisas que abrangem desde aspectos econômicos a testes toxicológicos. A armazenagem, coleta e publicação dos mais variados dados estatísticos é uma marca forte da API. API (2023)

Nesse aspecto, análises econômicas, operacionais, financeiras e fiscais englobam como parte o grupo de assuntos desenvolvidos pela instituição. Tais dados podem ser utilizados de maneira estratégica como indicadores para novas tendências do setor. Partindo para o desenvolvimento de padrões para operação e gestão da manutenção de equipamentos para operações na indústria de petróleo e gás, a API lidera o nicho a mais de 90 anos. O instituto representa a sabedoria coletiva da indústria como um todo, abarcando em seu leque desde brocas de perfuração até proteção ambiental, incorporando também práticas robustas, comprovadas na teoria e no trabalho de campo. Diversos padrões da API foram incorporados em regulamentações de diversas esferas do poder público ao redor do mundo, extrapolando os limites do meio corporativo. API (2023)

Especificamente no universo das normas API voltadas para a operação e manutenção de guindastes offshore existe a API RP 2D. Esta norma especifica os requisitos para a operação segura e manutenção de guindastes montados em pedestais instalados em embarcações de apoio offshore, plataformas elevatórias, plataformas semissubmersíveis e outros tipos de unidades móveis de perfuração offshore em plataformas. A norma também fornece requisitos e

recomendações para planejamento de içamento, inspeção pré-uso e teste de guindastes temporários em instalações offshore. A figura 6 mostra fluxograma do esqueleto da API RP 2D:

Figura 6 - Fluxograma esqueleto da API RP 2D



Fonte: Adaptado API RP 2D

Outra renomada instituição mundialmente conhecida no desenvolvimento de normas e padrões, a ABS sustenta o pioneirismo na inovação abrangendo a engenharia marinha e *offshore* a mais de 150 anos. De maneira análoga a API, se utilizando de parcerias, a instituição tem abordado os desafios técnicos, operacionais e regulatórios basilares a fim de prover uma operação segura e responsável para a indústria naval e *offshore*. ABS (2023)

A classificadora tem em seu portfólio os serviços de classificação tradicionais, bem como serviços técnicos locais em desempenho de ativos, eficiência energética, desempenho ambiental e gerenciamento do ciclo de vida. Com o foco em segurança operacional, a ABS trabalha no desenvolvimento de soluções práticas e inovadoras para a indústria offshore. ABS (2023)

Presente em diversos países ao redor do mundo, a ABS possui uma robusta equipe técnica formada por profissionais multidisciplinares como topógrafos, engenheiros, especialistas técnicos e equipe de suporte dedicados a desenvolver e entregar as mais diversas soluções. A ABS se classifica como uma companhia que acredita no trabalho em equipe para o desenvolvimento de parcerias sólidas e saudáveis com o objetivo de compartilhar suas descobertas com o meio operacional. ABS (2023)

No que tange os guindastes offshore a ABS desenvolveu o guia para inspeção em embarcações e em seu capítulo 9 o guia versa sobre os requerimentos para um levantamento em equipamentos adicionais de uma embarcação e que mais precisamente na seção 45 aborda o assunto de *lifting appliances* englobando os guindastes. Essa seção tem como objetivo padronizar quais guindastes deverão passar por uma inspeção anual baseada em seu uso e quais itens e parâmetros do equipamento devem ser checados durante essa inspeção. Usualmente, caso um inspetor ABS acompanhe a inspeção, a instituição emite uma certificação ao proprietário do guindaste garantindo sua operação segura por mais um ano. O quadro 4 mostra um sumário da norma da ABS sobre inspeções após a construção de guindastes:

Quadro 4 - Tabela sumário da norma ABS

Página	<i>ABS Rules for survey after construction</i> - Sumário
1ª página - 2 página parte A	Introdução e regras gerais para inspeção anual
2ª página parte B - 3ª página parte A	Itens a serem verificados especialmente em guindastes de operações submarinas

3ª página parte B - 6ª página parte A	Verificações no sistema de compensação de ondas Verificações a serem feitas no sistema de tensionamento dos cabos de aço Todos os testes e verificações a serem feitas antes do teste de carga
6ª página parte B	Testes de carga e sobrecarga a serem realizados
7ª página - 8ª página parte A	Testes severos em variados sistemas do guindaste a fim de pôr o equipamento a prova
8ª página	Testes nos sistemas de segurança dos freios
8ª página parte B e 9ª página	Diretrizes para retestes em caso de reparos em parte do equipamento
Observação	Presente nesta norma, as diretrizes sobre guindastes começam na página 1 e terminam na página 9

Fonte: Adaptado ABS

Os institutos normativos vêm constantemente somando junto a indústria com suas constantes contribuições e no setor dos equipamentos de movimentação de cargas não seria diferente, conforme abordamos. A combinação dos conceitos acadêmicos com os artigos normativos se mostra uma robusta ferramenta para a gestão de manutenção de qualquer equipamento na indústria do petróleo. Com isso, o próximo capítulo abordará os procedimentos metodológicos utilizados neste trabalho.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho tem como metodologia o estudo de caso, será analisado um fenômeno de indisponibilidade de equipamentos de uma fabricante que são amplamente utilizados no mercado de Óleo e Gás, tais fenômenos têm como base uma má gestão da manutenção dos mesmos, o que incentivou na proposta de elaboração de diretrizes de manutenção para tais equipamentos.

Para Branski, Franco e Lima Júnior (2010) o estudo de caso mostra-se como uma técnica de pesquisa específica que normalmente utiliza dados qualitativos adquiridos de ocorrências reais. Seu objetivo principal é analisar, investigar ou retratar fenômenos atuais dentro de seus respectivos contextos. Os estudos de caso são conhecidos por seu exame abrangente e meticuloso de um número limitado de assuntos, ou às vezes até mesmo de um único assunto, resultando em uma compreensão profunda.

Goode e Hatt (1979) apontam que utilizar um estudo de caso é um método eficaz para organizar os dados, mantendo a integridade coesa do objeto que está sendo estudado. Os autores consideram a unidade, compreendendo seu crescimento e desenvolvimento (seja um indivíduo, uma família, um conjunto de relações ou qualquer outro processo), como um todo, tendo em mente que a totalidade de um objeto é um produto da mente, pois não há limites concretos para tal, a menos que sejam relevantes para o assunto da pesquisa que está sendo realizada dentro de um contexto específico. O objetivo do estudo de caso é conduzir uma investigação levando em consideração os traços cruciais do objeto de estudo, que devem ser considerados como um todo, se fazendo significativos para a pesquisa.

Yin (2001) pontua que o estudo de caso se mostra como investigação baseada em situações reais completa que envolve uma metodologia abrangente envolvendo o planejamento, prospecção e exame de dados. A metodologia faz ser capaz de abranger estudos de caso únicos ou múltiplos, concomitantemente acomodando abordagens de pesquisa qualitativa e quantitativa. O autor ainda considera o estudo de caso uma ferramenta valiosa para explorar novos conceitos, bem como para examinar a forma que vários componentes de uma teoria são colocados em prática.

Na estratégia de pesquisa de Lüdke e André (1986), o estudo de caso envolve a análise de um caso específico e bem definido, que pode variar de simples e concreto a intrincado e abstrato. Embora possa compartilhar semelhanças com outros casos, cada caso tem suas próprias qualidades distintas e significado único, oferecendo potencial para uma exploração no ponto de vista educacional. Os autores enfatizam o valor dos casos naturalísticos, que fornecem

dados descritivos aliados a uma abordagem flexível e aberta para examinar realidades complexas e contextualizadas.

Na obra de Calixto (2009), enfatiza-se o papel crítico da metodologia de pesquisa na identificação dos métodos empregados para abordar um problema. Especificamente, três estratégias de estudo de caso são observadas:

Primeiramente, quando há conhecimento limitado sobre um tópico, uma abordagem exploratória pode ser adotada para obter uma melhor compreensão, construir teorias e desenvolver hipóteses para pesquisas futuras.

Como segunda opção a pesquisa descritiva é um método que fornece um retrato detalhado das características de uma população ou de um fenômeno, além de estabelecer correlações entre variáveis. Sua análise vai além da pesquisa exploratória, permitindo a identificação e comparação dos dados, mas sem interferência do pesquisador. Este nível de pesquisa fornece uma maior profundidade de compreensão sem qualquer viés ou influência.

Por último, os modelos explicativos são aqueles que reconhecem o impacto de uma ou mais variáveis no valor da variável predita. Esses modelos visam estabelecer conexões causais ou explicativas entre diferentes variáveis.

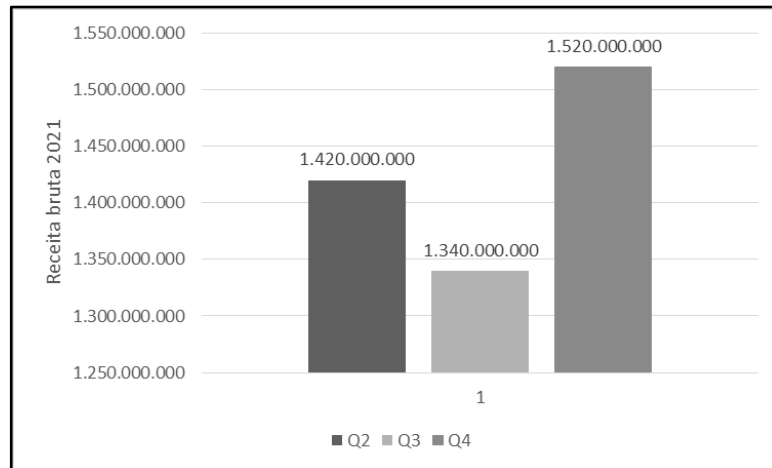
Neste trabalho optou-se pelo modelo explicativo, partindo de uma análise de estudo de caso singular, com o objetivo de compreender os processos na realidade contextual na qual estes se encontram. Na seção 3.1 a companhia será contextualizada. Por razões de confidencialidade informações que possam identificar a empresa não serão registradas, em certos momentos alguns de seus dados serão retratados, mas não será realizada uma explanação de forma descritiva, todavia todos os dados aqui trazidos serão verossímeis sempre respeitando a proporcionalidade.

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA EMPRESA X

A Empresa X é uma multinacional, pioneira na atividade de fabricação e fornecimento de equipamentos para perfuração e produção de petróleo. Como todo fabricante, a empresa também tem sua divisão de pós-venda, que por sua vez destaca a prestação de serviços como atividade principal dessa subdivisão. A companhia tem unidades por todo o globo, podendo destacar as principais presentes nos Estados Unidos, Brasil, Noruega, Reino Unido, Coreia do Sul e Arábia Saudita. Com amplo portfólio de soluções, a companhia abrange todas as operações da cadeia do petróleo. Atualmente possui mais de 32000 funcionários espalhados por todos os continentes.

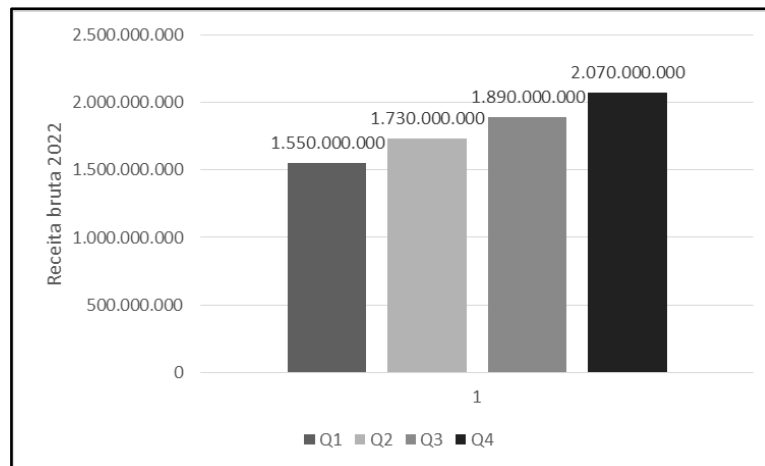
Como abordou Lassance (2020), havia uma expectativa de recuperação acentuada da economia mundial a partir de 2021 após a recessão causada pelo COVID-19. Acompanhando a expectativa dos especialistas a empresa X teve uma acentuada recuperação na sua receita a partir do ano de 2021. Os Gráfico 1, 2 e 3 mostram as receitas brutas da empresa através dos quartos de 2021,2022 e 2023 até o momento:

Gráfico 1 - Receita bruta em dólares da empresa X em 2021 a partir do 2º quarto

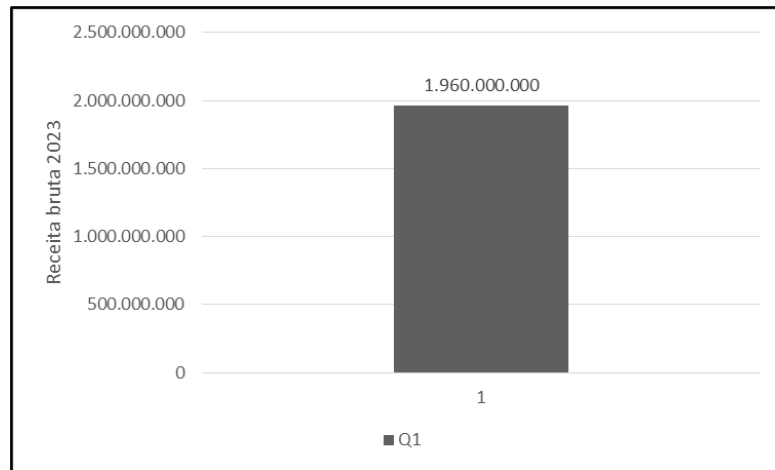


Fonte: *Report* da Organização

Gráfico 2 - Receita bruta em dólares da empresa X em 2022 a partir do 1º quarto



Fonte: *Report* da Organização

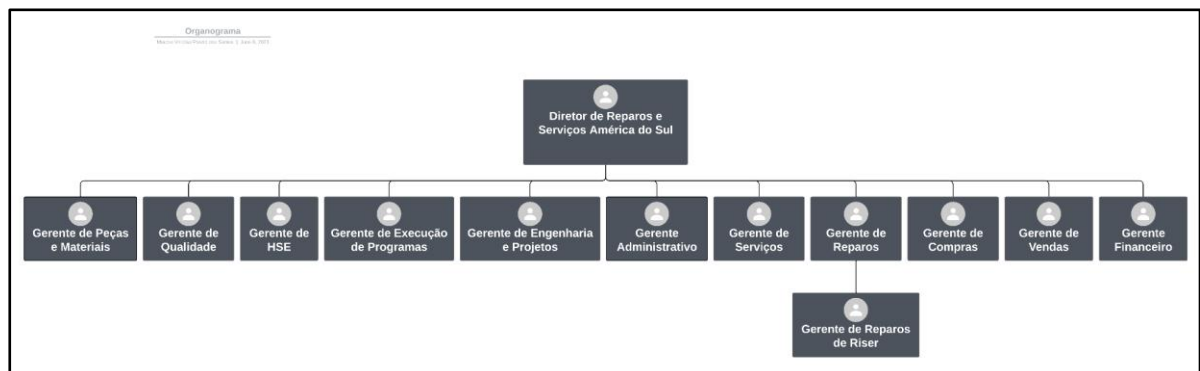
Gráfico 3 - Receita bruta em dólares da empresa X em 2023 no do 1º quarto

Fonte: Report da Organização

Os gráficos mostram a receita bruta total da empresa X durante os anos de 2021, 2022 e 2023, demonstrando uma retomada da receita a partir do último quarto de 2021, confirmando a expectativa dos especialistas de que haveria uma retomada acentuada a partir de 2021 após a pandemia.

3.1.1 Estrutura organizacional da empresa X

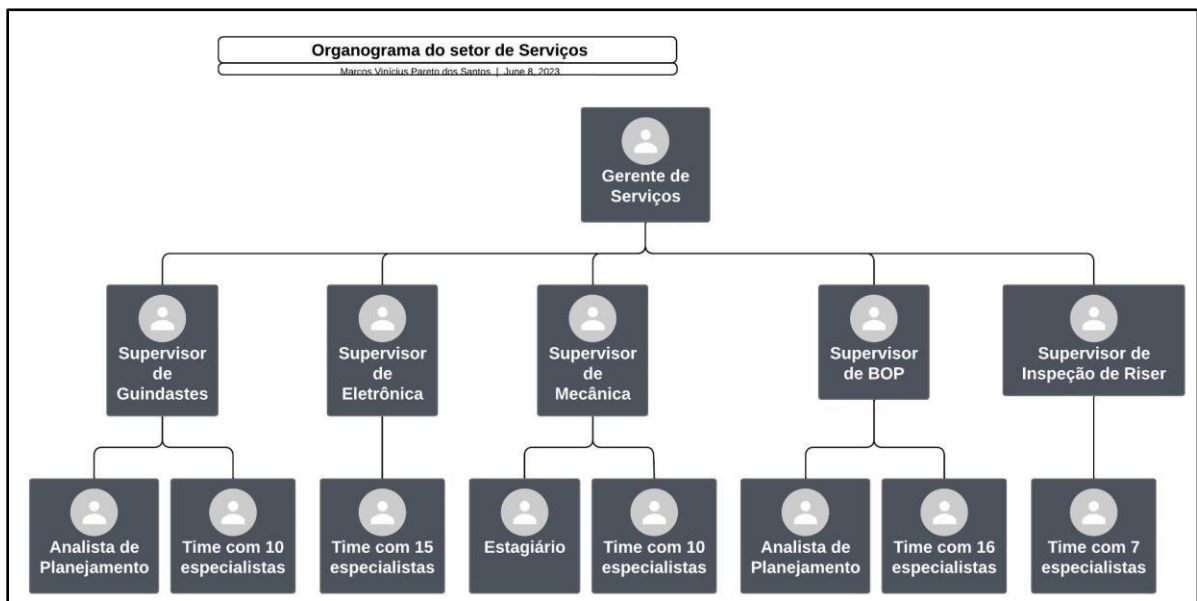
A empresa X possui uma estrutura organizacional dividida em diversos setores, de forma integrada com equipes capacitadas para atender os requisitos internos e externos demandados. Apesar de possuir uma estrutura hierárquica, as lideranças dos setores têm autonomia de decisões. A figura 7 mostra o organograma da empresa, que subdividido em onze áreas funcionais:

Figura 7 - Organograma de liderança da empresa X

Fonte: Adaptado do fluxograma da Organização

Todos os gerentes dos departamentos do Brasil reportam diretamente ao Diretor de Reparos e Serviços da América do Sul, este por sua vez tem a função orientar e supervisionar a liderança de cada departamento, além de reportar às suas lideranças fora do Brasil. Cada gerente é responsável por um departamento específico, o departamento de serviços, objeto do estudo de caso, possui 5 linhas de atuação. A composição e hierarquia referente ao setor de serviços está exemplificada na Figura 8:

Figura 8 - Organograma do setor de serviços da empresa X



Fonte: Adaptado do fluxograma da Organização

Sob a responsabilidade do gerente de serviços estão as linhas de atendimento para cada tipo de equipamento, os quais a companhia entende serem os mais estratégicos e importantes para a operação de seus clientes. As linhas dividem-se em guindastes, suporte eletrônico para equipamentos de perfuração, suporte mecânico para equipamentos de perfuração, *Blowout preventer* (BOP) e inspeção de *riser*. Algumas das atividades de cada linha são:

- Guindastes: responsável por prover quaisquer tipos de serviços *offshore/onshore* para todos os modelos de guindastes fabricados pela empresa X;
- Suporte eletrônico/mecânico para equipamentos de perfuração: responsável por prover quaisquer serviços *offshore/onshore* para os equipamentos fabricados pela empresa X que sejam ligados diretamente à atividade de perfuração. Como nessa linha a gama de equipamento é muito grande, dividiu-se a parte de eletrônica e de mecânica em duas supervisões e equipes.
- BOP: responsável por prover quaisquer tipos de serviços *offshore/onshore* para os BOP's fabricados pela empresa X. Nessa linha presta-se o apoio ao cliente no que tange

a certificação dos equipamentos que é comumente uma exigência das companhias petrolíferas, ou seja, as contratantes das sondas.

- Inspeção de *Riser*: Essa linha tem a responsabilidade de prover o serviço de inspeção de *riser* para os clientes, tal serviço deve ser feito anualmente em todos os *risers* de perfuração.

Acompanhando a crescente da empresa após a pandemia do Covid-19, o setor de serviços também teve um crescimento acentuado na sua captação de receita durante os anos de 2021 e 2022, o setor teve uma receita bruta e, 2021 por volta de R\$ 60 milhões e em 2022 de R\$ 87 milhões.

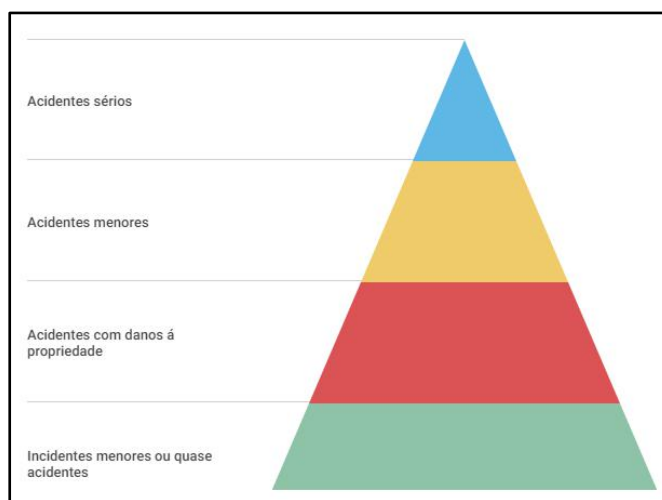
3.1.2 Política de prevenção de acidente

A Empresa X tem como objetivo a eficiência na gestão de qualquer situação, inclusive nos quesitos de segurança no trabalho. Pensando na construção de um ambiente de trabalho mais seguro, a equipe de segurança implementou a política de cartão de observação de segurança. Oriunda da *International Organization for Standardization* (ISO) 31000, a política é definida como uma ferramenta a ser implementada a fim de analisar e mapear os riscos no local de trabalho, através dessa ferramenta se faz possível reportar riscos em potencial, com isso pode-se implementar medidas para correção de situações e comportamentos que possam trazer insegurança para as operações, prevenindo assim futuras situações de acidente. (BASTOS E RESCH, 2018)

A política de cartão de observação de segurança baseia-se na teoria de *Bird e Germain* (1985), que em sua pesquisa analisaram o padrão de quase 2 milhões de acidentes reportados em 297 empresas diferentes. Os autores encontraram um padrão de proporção entre os tipos de acidentes e suas consequências, o padrão se expressa como:

- Para cada acidente sério existem 10 acidentes de menores proporções
- Para cada acidente sério existem 10 acidentes de menores proporções e 30 com danos materiais
- Para cada acidente sério existem 10 acidentes de menores proporções, 30 com danos materiais e 600 acidentes menores ou quase acidentes

Com o cenário delineado com os padrões descobertos, os autores apresentaram uma pirâmide onde pôde-se observar o padrão de forma intuitiva. A figura 9 mostra um exemplo de pirâmide de *Bird*:

Figura 9 - Pirâmide de Bird

Fonte: Elaboração Própria

A empresa X coloca como meta mensal a submissão de 3 cartões de observação para o time de atividades operacionais e 2 cartões de observação para o time administrativo. No cartão é possível reportar situações de condição de risco, comportamentos de risco, procedimento arriscado, quase acidente, oportunidades de melhorias ou ainda o reconhecimento de alguma atitude de algum colaborador que esteja de acordo com os padrões de segurança da empresa. No cartão também é possível realizar uma conexão entre a situação observada com algumas das regras que salvam vidas, como:

- Permissão de trabalho
- Trabalho em altura
- Trabalhos em linha de fogo
- Isolamento de energias
- Levantamento mecânico seguro
- Espaço confinado
- Desabilitação de dispositivos de segurança
- Trabalho a quente
- Regras de direção segura

Com a utilização de tal política a empresa X almeja alcançar a mitigação de grandes acidentes envolvendo incapacitação de algum colaborador ou até mesmo um acidente fatal. O quadro 5 mostra um exemplo adaptado de possível *checklist* para um cartão de observação

:

Quadro 5 - Checklist adaptado

Cartão	Observação
Tipo de observação:	Marque abaixo:
Condição de risco	
Comportamento de risco	
Procedimento arriscado	
Quase acidente	
Meta alcançada/reconhecimento	
Oportunidade de melhoria/sugestão	
Nome do emitente:	
Data da observação:	
Departamento do emitente:	
Local da observação:	
O que foi observado?	
Você tomou alguma ação?	

Fonte: Adaptado do checklist da Organização

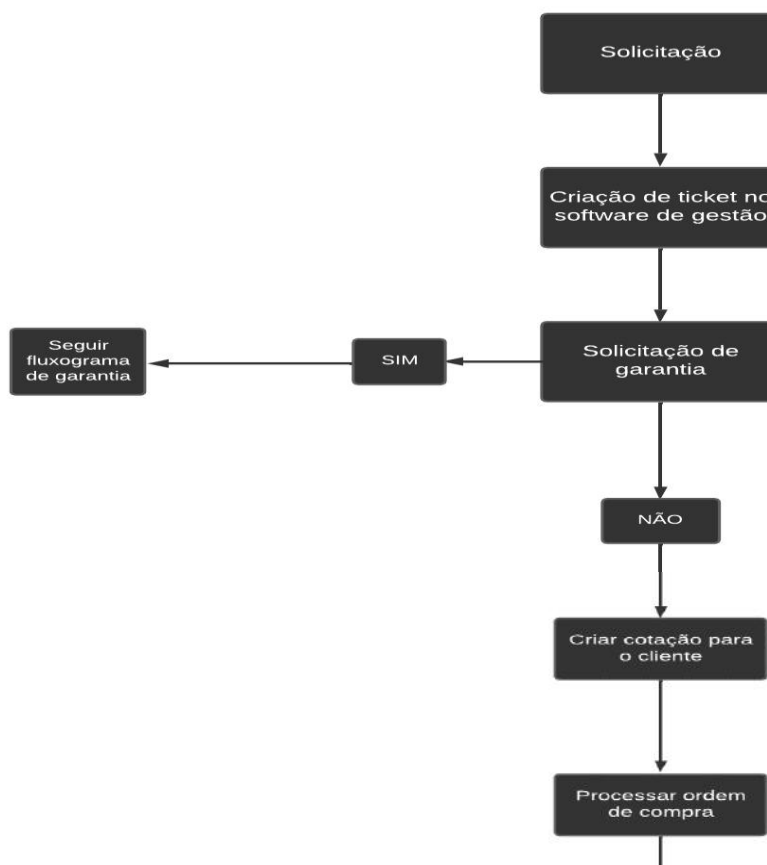
3.1.3 Gestão de serviços e suporte ao cliente na gestão de manutenção de seu guindaste

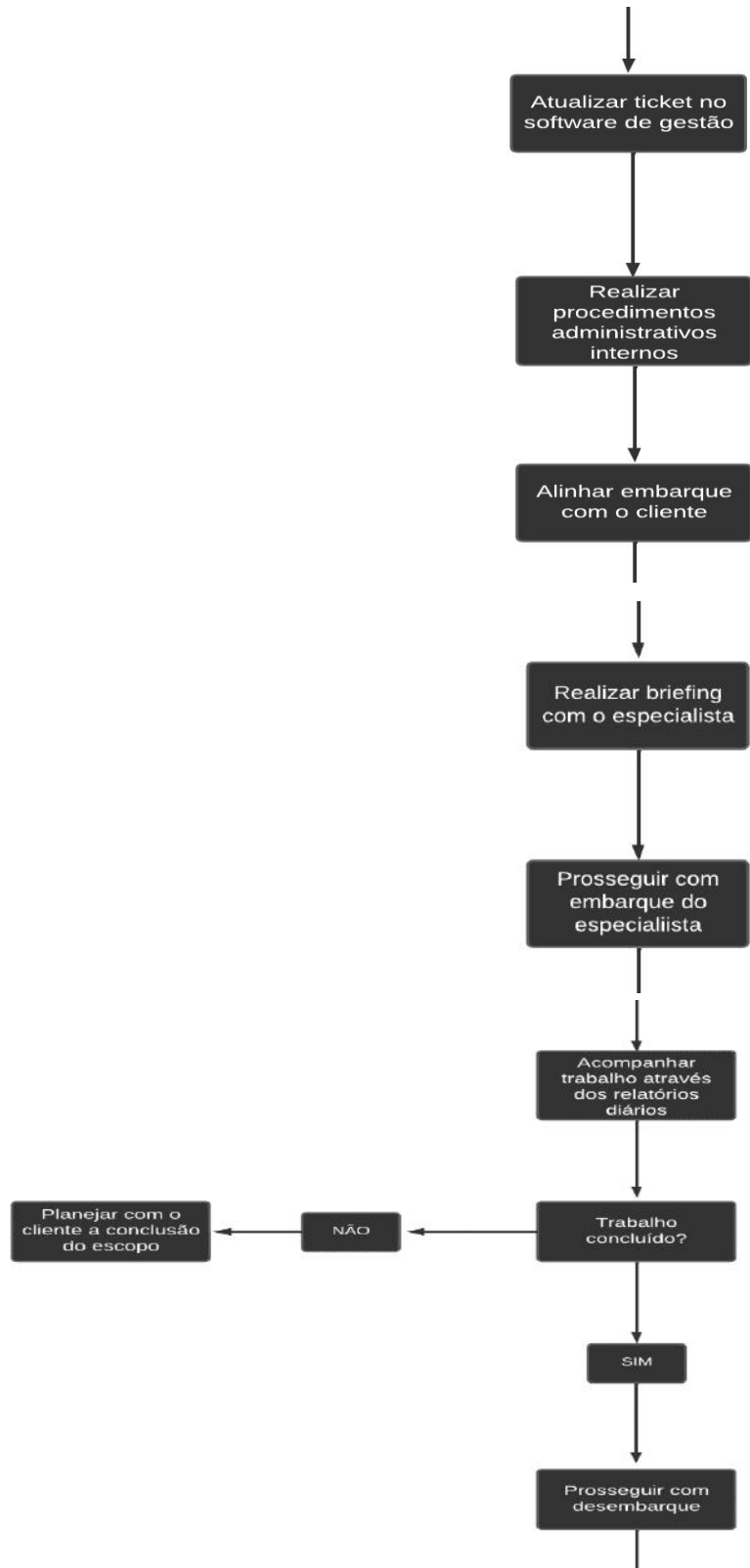
A companhia possui como sistema para gestão de solicitações de serviços por parte dos clientes, um fluxograma conciso com as responsabilidades de cada um durante o processo e um software de gestão exclusivamente desenvolvido para a companhia, que facilita na gestão da solicitação e da execução do serviço em uma única ferramenta. O *software* permite que todas

as informações da solicitação do cliente estejam no mesmo lugar referenciadas através de um ticket único, onde todos os e-mails trocados, informações comerciais, quantidade de recursos a serem alocados, duração estimada do serviço, informações financeiras daquele atendimento e diversas outras informações que permanecem armazenadas por tempo indeterminado, permitindo que colaboradores de outros setores e países possam acessar e atuar naquele problema de forma conjunta, uma vez que a plataforma é *online* e global.

O objetivo da ferramenta é principalmente aumentar a velocidade de resposta ao cliente além do armazenamento e disponibilidade do máximo de informações possíveis pertinentes ao assunto tratado para todos os colaboradores. Vale a pena destacar que em situação de *downtime* o *ticket* é sinalizado com prioridade dentro do sistema e todos os setores envolvidos devem tratar tal solicitação com extrema urgência, realizando atualizações a cada 12 horas até que a situação seja normalizada e o equipamento volte a operar. Como mencionado, os serviços a serem executados são planejados de maneira eficiente, respeitando um robusto fluxograma desenvolvido pelo time da qualidade em conjunto com o time de serviços. O fluxograma é apresentado na figura 10 de maneira adaptada para fins de respeito à confidencialidade da empresa:

Figura 10 - Fluxograma adaptado do processo de gerenciamento de serviços







Fonte: Adaptado do fluxograma da Organização

A empresa também possui um grupo de profissionais treinados e com amplo conhecimento que formam o time global de suporte técnico, o time é dividido em 8 subgrupos globais onde cada grupo é focado ao atendimento específico de um equipamento ou tecnologia desenvolvida pela companhia. O grupo possui representantes de diversas nacionalidades e culturas com o objetivo de tornar mais personalizado possível os atendimentos globais.

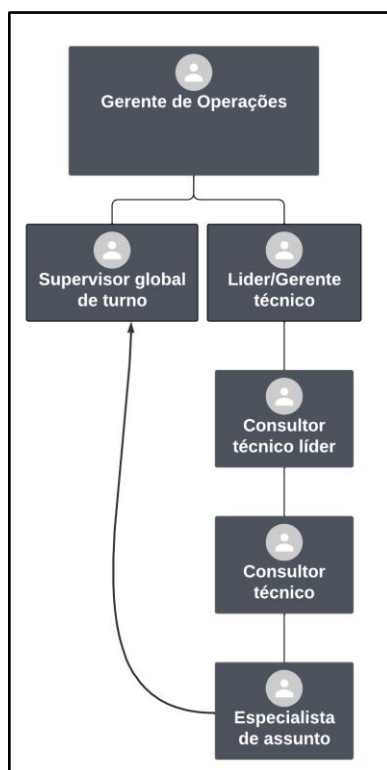
Os atendimentos acontecem de forma ininterrupta por 24 horas nos 7 dias da semana a fim de garantir o pronto atendimento ao cliente em qualquer tempo sob qualquer circunstância. Tal suporte não demanda nenhum custo adicional ao cliente, esse serviço é parte do pacote oferecido pela companhia na venda do equipamento. Essa estrutura permite que o dono do equipamento possa ter acesso a respostas técnicas a qualquer momento que precise, tornando dinâmica a resolução de problemas. Entre os profissionais envolvidos estão os especialistas de assunto, os consultores técnicos e o supervisor global.

- Os especialistas de assunto trabalham por turno de forma que sempre haja 2 especialistas por subgrupo em cada turno, provendo atendimento ininterrupto no regime 24/7. Os especialistas de assunto atendem a toda e qualquer solicitação correspondente a seu subgrupo de ação.
- Os consultores técnicos trabalham no regime comercial de cada país em que estejam atuando e atuam somente em demandas específicas direcionadas pelos especialistas de assunto. O consultor técnico líder atua no mesmo regime do seu time, porém com a adição da atividade de liderança.

- O supervisor global de turno tem o papel de supervisionar e garantir que o atendimento ininterrupto está sendo provido de maneira eficiente, já o gerente técnico tem o papel de gerenciar o time de consultores técnicos e tratar as situações mais críticas junto com seu time, ambos reportam ao gerente de operações.

A figura 11 mostra de forma resumida a estrutura geral dos subgrupos de suporte técnico da empresa X:

Figura 11 - Fluxograma adaptado da estrutura organizacional dos subgrupos



Fonte: Adaptado do fluxograma da Organização

Além de prover recursos humanos para o suporte aos clientes a companhia entrega um compilado de documentos conjuntamente com seu equipamento, tais documentos possuem as mais diversas diretrizes a fim de auxiliar os proprietários nas operações e manutenções dos equipamentos. A empresa oferece um serviço pago onde os clientes podem ter acesso a uma plataforma onde versões atualizadas dessa gama de documentos estarão disponíveis, pois atualizações documentais podem ocorrer após a entrega inicial realizada no comissionamento do equipamento.

Documentos conhecidos como boletins também são fornecidos de maneira gratuita, nestes documentos são liberados comunicados com diversos objetivos como: a informação de uma atualização por questões de segurança, aviso de obsolescência de algum componente ou até mesmo algum upgrade que foi desenvolvido e esteja disponível para aquisição.

No tocante ao guindastes pode-se listar os principais documentos disponíveis para auxílio na gestão de manutenção dos mesmos, abaixo destaca-se alguns deles: *Datasheet* do equipamento, Diagramas elétricos e hidráulicos, Tabela com intervalos de lubrificação, Instruções de manutenção, Instruções de operação, Boletins, Lista de peças sobressalentes recomendadas, Documento de descrição técnica, Manual do usuário, Desenhos do equipamento, e por fim alguns procedimentos de testes para situações específicas.

4 RESULTADOS

Com base em um estudo de caso sobre falhas na gestão de manutenção de um guindaste articulado com sistema de compensação ativa de ondas, onde tais falhas ocasionaram situações de indisponibilidade do equipamento, desdobrando-se em perda de operacionalidade e receita por parte do cliente, será elaborado um plano de manutenção preditiva.

Nesta etapa será apresentado uma proposta de um plano de manutenção preditiva para o equipamento em questão. Este plano será elaborado com base nos seguintes aspectos:

- a. Recomendações dos documentos suporte da empresa x;
- b. Nas principais normas que versam sobre o assunto;
- c. Nas observações destacadas por um profissional do setor ao longo dos meses, e que atua no planejamento de atividades de manutenção dos respectivos equipamentos;
- d. Através dos aprendizados adquiridos pelo time de especialistas de campo da empresa X.

Neste sentido os resultados estão organizados da seguinte maneira:

- 1) Contextualização do problema gerado pela falha do equipamento;
- 2) Apresentação técnica de um componente de alta importância do equipamento;
- 3) Apresentação de uma proposta de manutenção preditiva com base nos aspectos apresentados.

4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA GERADO PELA FALHA DO EQUIPAMENTO

Em toda atividade operacional os grupos responsáveis por sua gestão almejam como regra um alto índice de disponibilidade dos equipamentos mais importantes para o prosseguimento das atividades a serem realizadas, pois em caso de indisponibilidade se fará presente um considerável prejuízo operacional e financeiro com a paralisação das atividades em decorrência de tal fenômeno.

Especialmente no mercado de afretamento de embarcações para operações *offshore* tal fenômeno ganha alta notoriedade, uma vez que a maioria dos contratos de afretamento condicionam o pagamento do montante contratual ao número de diárias totalmente operacionais da embarcação. Neste sentido, caso haja uma paralisação parcial das operações a empresa pode ser multada e não receber o valor da diária de afretamento. Nos casos de paralisação total o

fornecedor não recebe nenhum valor decorrente das diárias inoperantes da embarcação até que seja normalizada a situação, tal fenômeno é denominado por *downtime*. Quadro 6 mostra um exemplo de uma situação hipotética de um desconto de *downtime* parcial por problemas de velocidade na embarcação:

Quadro 6 - Exemplo hipotético de desconto por *downtime*

Descrição	Informações
Diária	USD 60.000,00
Trajetos	120 milhas náuticas
Velocidade contratual	10 nós
Tempo de viagem a 10 nós	12 horas
Tempo de viagem a 9 nós	15 horas
Tempo de downtime	3 horas
Desconto no valor da diária	USD 7.500,00

Fonte: Adaptado de Silva Rodrigues (2022)

Portanto, além dos prejuízos financeiros decorrentes da paralisação das operações, a indisponibilidade de equipamentos chave pode acarretar em prejuízos maiores como a não escolha da embarcação para afretamento em processos futuros. Os indicadores de performance de cada embarcação são avaliados de maneira minuciosa pelas contratantes, uma vez que a indisponibilidade da embarcação pode acarretar em prejuízos ainda maiores. As operações das embarcações de apoio estão intimamente ligadas com as operações dos *Floating Production Storage and Offloading (FPSO's)* e as sondas de perfuração, portanto uma paralisação por parte dos barcos de apoio pode também paralisar as operações das embarcações interligadas.

Em diversas embarcações os guindastes articulados com sistema de compensação ativa de ondas são os principais equipamentos a bordo e uma indisponibilidade de tal equipamento acarretará em paralisação das operações da embarcação resultando em *downtime*, com isso a correta gestão de manutenção desse ativo se destaca como uma ferramenta para mitigação de

tais intercorrências, maximizando a sua disponibilidade. Entre os anos de 2022 e 2023 a divisão de guindastes da empresa X realizou 8 atendimentos em situação de *downtime*.

4.2 APRESENTAÇÃO TÉCNICA DE UM COMPONENTE DE ALTA IMPORTÂNCIA DO EQUIPAMENTO (*MAIN CONTROL VALVE*)

Inicialmente vale destacar que o guindaste articulado com sistema ativo de compensação de ondas é um equipamento de considerável importância no que tange às operações realizadas nas embarcações. Esse ativo é considerado um equipamento crítico pela maioria dos clientes da empresa X por considerarem que o mesmo não se trata de um equipamento com redundância a bordo. Adicionalmente, destaca-se o fato de ser um equipamento fundamental para as operações de alto risco, as operações com cargas elevadas e com considerável risco de acidente, em caso de intercorrências durante as operações, podem ser gerados acidentes envolvendo recursos humanos ou ambientais.

O guindaste é composto por diversos sistemas interligados e que por sua vez são compostos por variados equipamentos, como exemplificados na Figura 5, tais sistemas e equipamentos são dispostos de maneira a atender os objetivos operacionais. Dessa forma, é essencial enfatizar-se o coração do sistema hidráulico, um sistema responsável por todos os movimentos do guindaste: a *Main Control Valve (MCV)* conforme apresentada nas Figuras 12, 13 e 14:

Figura 12 - Main Control Valve



Fonte: Elaboração Própria (2023)

Figura 13 - Main Control Valve

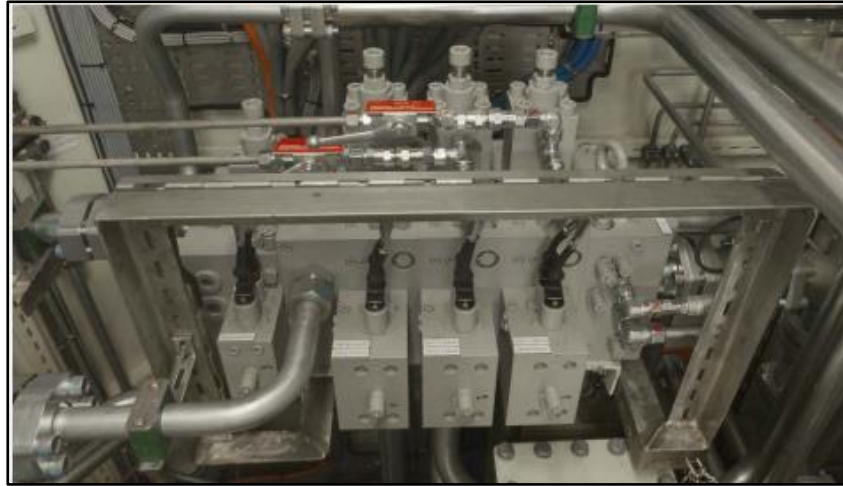
Fonte: Elaboração Própria

Figura 14 - Main Control Valve

Fonte: Autor

Na parte central do guindaste encontra-se a *Main Control Valve*, uma válvula direcional proporcional que é responsável por controlar o fluxo de óleo hidráulicos para cada saída correspondente a um tipo de movimento do guindaste. Cada seção da MCV é responsável por um movimento, sendo um total de quatro movimentos: lança principal, lança articulada, sistema de giro e guincho principal. A MCV é responsável por controlar a velocidade dos movimentos citados acima conforme com o fluxo de óleo hidráulico. A montagem da MCV em um Guindaste é apresentada na figura 15:

Figura 15 - Montagem da *Main Control Valve*



Fonte: Adaptado da empresa X

Para o correto funcionamento a MCV necessita de um esquema hidráulico básico composto por válvulas de retenção, válvulas de alívio e válvulas solenóides. A primeira se faz necessária no sistema para evitar que o comando seja executado de maneira abrupta, liberando o fluxo de maneira gradativa para o item a ser comandado. A segunda é acionada em caso de falha ou travamento de algum componente do sistema que ocasione um pico de pressão podendo levar dano ao sistema, com isso quando a pressão na linha chega num patamar que traga risco para o sistema a válvula de alívio é acionada enviando o excesso de óleo na linha de volta ao tanque. A terceira é utilizada para controlar o fluxo de óleo da linha de pilotagem da MCV.

A MCV possui duas principais linhas de fluxo: a linha de entrada e a linha de comando. A primeira é controlada de forma indireta por um conjunto de válvulas solenóides que controlam o fluxo de óleo hidráulico que será direcionado para a pilotagem do êmbolo da MCV, conforme mostra a Figura 16. A abertura da válvula solenóide se dá pelo comando eletrônico oriundo do operador de guindaste através do joystick de comando.

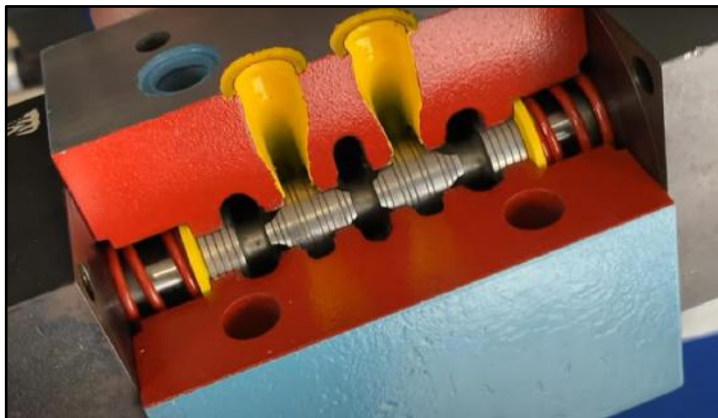
Figura 16 - Êmbolo da MCV de um guindaste



Fonte: Elaboração Própria

O fluxo de óleo oriundo das válvulas solenóides é proporcional à tensão aplicada na mesma, por isso a MCV é considerada uma válvula direcional proporcional. A segunda linha de fluxo é justamente a linha de saída da MCV, por onde o óleo hidráulico seguirá para o sistema a ser comandado, realizando os movimentos do guindaste. A figura 17 mostra em detalhe o corte de uma válvula direcional proporcional:

Figura 17 - Em detalhe, êmbolo e orifícios de entrada e saída de uma válvula direcional proporcional



Fonte: *Youtube Lunch Box Sessions*

Sendo assim, baseando-se no funcionamento da MCV observa-se que qualquer intercorrência nesse dispositivo pode-se ocasionar um acidente de considerável magnitude, portanto manter uma gestão de manutenção efetiva mostra-se ainda mais necessária. O monitoramento do sistema hidráulico deve ser ponto de destaque nos planos de manutenção dos guindastes.

4.3 APRESENTAÇÃO DE UMA PROPOSTA DE MANUTENÇÃO PREDITIVA COM BASE NOS ASPECTOS APRESENTADOS

Baseando-se na problemática torna-se necessário o desenvolvimento de um plano de manutenção preditiva dos guindastes a fim de auxiliar na prevenção de falhas incapacitantes que possam ocasionar *downtime* nos guindastes. O desenvolvimento do plano deve levar em consideração múltiplas fontes a fim de que se possa chegar a um resultado abrangente.

Devem ser levadas em consideração a base documental e orientações da empresa X no que tange a manutenção, as principais normas do meio e as contribuições dos colaboradores, tanto aqueles que trabalham diretamente na gestão da manutenção do equipamento, quanto aqueles que trabalham diretamente nas ações operacionais para manutenção dos guindastes.

Portanto, como mencionado, o desenvolvimento desse plano levará em consideração os três aspectos abordados.

4.3.1 Considerações da base documental e orientações da empresa X

A empresa X apresenta um conjunto de documentos para a manutenção de guindastes, todavia pode-se destacar o principal documento relacionado a manutenção preditiva anual dos equipamentos: o procedimento de inspeção periódica.

O propósito desse documento é o de prover diretrizes básicas para manutenção e inspeção do equipamento, o guindaste articulado com sistema ativo de compensação de ondas, durante um intervalo definido, neste caso o anual. As diretrizes desse documento devem ser utilizadas em conjunto com dois dos principais documentos entregues no comissionamento do equipamento, o manual do usuário e o manual de instruções de manutenção.

As inspeções visuais, dimensionais e operacionais devem ser realizadas de maneira que o inspetor tenha total acesso às áreas a serem inspecionadas. Usualmente, caso um representante do *Original Equipment Manufacturer (OEM)* participe da atividade, um relatório detalhado é submetido por parte do OEM com suas considerações, tal documento pode ser uma excelente ferramenta para auxílio no planejamento de manutenção da empresa proprietária do guindaste. Mesmo que o OEM participe, tal inspeção não preenche todos os requisitos para que um certificado de conformidade seja emitido pelo mesmo, tal tipo de certificado exige um escopo específico consoante com as diretrizes de cada OEM.

A empresa X destaca em seu documento algumas ferramentas e consumíveis essenciais para realização da inspeção, destacando que todas devem estar em perfeitas condições e calibradas quando aplicável, sendo elas:

- Kit para teste de pressão (podendo ser um conjunto de cabo minimes e manômetro digital)
- Kit para recarga de nitrogênio em acumuladores
- Paquímetros
- Relógio comparador de base magnética
- Ferramentas manuais diversas (soquetes, chaves allen, philips, fenda, etc.)
- Desengraxante
- Trapos
- Espelho de inspeção

- Câmera para registro
- Kit de segurança para trabalho em altura
- Ferramenta hidráulica para tensionamento de parafusos
- Ferramentas elétricas manuais gerais

Tomadas as considerações a empresa X foi elaborado um *checklist* anual a fim de demonstrar de maneira intuitiva as tarefas a serem executadas, o quadro 7 exemplifica de maneira adaptada tal estratégia. Foram identificados 40 itens importantes e o *checklist* foi dividido em 7 seções, sendo elas: geral, hidráulico, estrutura, bola e moitão, guincho, *gearboxes*, giro e elétrica. As seções foram distribuídas segundo a periodicidade desejada como: dia, semana, mês, trimestre, semestre e ano.

Quadro 7 - Checklist adaptado

Item	Seção	Tarefa	Dia	Semana	Mês	Trimestre	Semestre	Ano
1	Geral	Realizar inspeção visual nos componentes do sistema de acionamento de emergência Focar em possíveis pontos de desgaste ou corrosão	x					x
2	Geral	Realizar inspeção visual contra desgaste e corrosão no berço do guindastes	x					x
3	Geral	Inspecionar os parafusos dos cilindros do guindaste, atenção especial para pontos de corrosão				x		x
4	Geral	Checar os parafusos das guarda-corpo, escadas, grades e plataformas Realizar ação corretiva se necessário	x					x
5	Geral	Inspeção visual geral no guindaste contra danos óbvios	x					x
6	Geral	Pergunte ao operador se observou algo de inadequado durante as operações	x					x

		Foque em vibração excessiva e superaquecimento						
7	Geral	Checar os cabos móveis para desgaste ou danos visíveis			x			x
8	Geral	Teste o sistema de MOPS (Manual Overload Protection System) e verifique se está funcionando como deve					x	x
9	Geral	Realizar retoques necessários na pintura do guindastes						x
10	Geral	Realize inspeção anual conforme certificadora do guindaste						x
11	Geral	Inspecione e reaperte todos os parafusos do tipo Bondura						x
12	Geral	Realizar limpeza no sistema do Slip Ring com um aspirador de pó. Checar as buchas, anéis e conexões						x
13	Geral	Realizar teste funcional nos sistemas de emergência						x

14	Hidráulico	Checar os componentes hidráulicos com foco para qualquer tipo de vazamentos ou danos	x						x
15	Hidráulico	Checar visualmente os filtros contrassinais de entupimento	x						x
16	Hidráulico	Performar lubrificação periódica de acordo com a carta de lubrificação				x	x		x
17	Hidráulico	Checar a pressão de pré-carga de nitrogênio nos acumuladores			x		x		x
19	Hidráulico	Checar a lubrificação dos selos. Os selos devem estar limpos sem sujeira					x		x
20	Hidráulico	Inspecionar as conexões das mangueiras hidráulicas							x
21	Hidráulico	Caso a análise de óleo indique, realizar a troca de óleo hidráulico anualmente							x
22	Hidráulico	Realizar troca de todos os filtros anualmente							x

23	Hidráulico	Verificar a calibração dos transdutores de pressão							x
24	Estrutura	Inspeccionar a superfície da estrutura geral do guindaste, caso seja encontrado algum dano, planejar reparo imediatamente		x					x
25	Bola e Moitão	Inspeccionar sistema da bola e do moitão de acordo com o manual de manutenção do equipamento							x
26	Guincho	Realizar inspeção visual nos cabos a fim de detectar qualquer dano ou desgaste visualmente perceptível	x						x
27	Guincho	Checar o tensionamento dos parafusos do sistema do guincho							x
28	Guincho	Realizar inspeção visual nas polias contra desgaste, deformação ou trincas							x

29	Gearboxes	Checar o nível de óleo nas gearboxes de acordo com a carta de lubrificação e manual de manutenção			x			x
30	Gearboxes	Em caso de primeiro uso pós comissionamento, realizar a troca de óleo das gearboxes após 3 meses				x		
31	Gearboxes	Realizar troca de óleo das gearboxes anualmente						x
32	Giro	Inspecionar os parafusos e vedações do sistema de giro contra sinais de dano, desgaste ou corrosão				x		x
33	Giro	Verificar o desgaste da pista de giro					x	x
34	Giro	Checar o tensionamento dos parafusos da pista de giro						x
35	Giro	Medir o backlash entre o pinhão e a cremalheira de giro						x
36	Giro	Realizar inspeção visual no rolamento de giro contra sinais de corrosão, danos ou						x

		desgaste excessivo						
37	Elétrica	Checar as abraçadeiras dos encoders, potenciômetros e sensores de proximidade e temperatura da cabine e dos motores			x			x
38	Elétrica	Inspecionar os motores elétricos regularmente			x			x
39	Elétrica	Realizar checagem geral e reaperto de todas as conexões elétricas						x
40	Elétrica	Realizar testes nas lâmpadas e baterias. Caso necessário realizar troca de lâmpadas, baterias e fusíveis						x

Fonte: Adaptado de documentação da Organização

4.3.2 Considerações dos profissionais de gestão e do time operacional da empresa X

A empresa X possui um coeso grupo de planejadores e especialistas de campo que trabalham rotineiramente planejando e executando os mais diversos tipos de solicitações relacionadas aos guindastes, com isso esse time pode aprender e absorver inúmeros conhecimentos sobre tal equipamento. Através de encontros e reuniões foi possível reunir algumas sugestões práticas que deveriam entrar no planejamento de manutenção dos guindastes articulados. De maneira similar ao documento desenvolvido pela empresa X se fez possível a confecção de um *checklist* anual baseado na experiência profissional desses colaboradores e que visou complementar as recomendações já postas no documento da empresa X, dessa forma o quadro 8 exemplifica tais sugestões:

Quadro 8 - Checklist com sugestões dos colaboradores da empresa X

Item	Seção	Tarefas a serem realizadas anualmente	Check
1	Elétrica	Realizar teste de isolamento entre as bobinas dos motores elétricos	
2	Elétrica	Verificar os sensores de nível e temperatura de óleo	
3	Elétrica	Verificar o funcionamento e integridade do sistema de atendimento remoto do OEM	
4	Elétrica	Realizar inspeção visual nos painéis de controle e suas conexões internas	
5	Elétrica	Verificar os cartões amplificadores de sinais como: células de carga, potenciômetros e outras chaves de campo	
6	Elétrica	Realizar testes dos sinais de saída e entrada da IHM (Interface Homem Máquina)	
7	Elétrica	Realizar teste dos sinais de saída dos <i>joysticks</i>	
8	Elétrica	Realizar verificação das ligações nas principais caixas de passagem/união	
9	Elétrica	Realizar testes na IHM para verificação do seu correto funcionamento	
10	Software	Realizar backup e armazenar a versão mais atual do software em uso no guindaste	

11	Software	Realizar backup e armazenar a versão mais atual do software de controle das bombas hidráulicas	
12	Geral	Realizar inspeção visual na cabine com atenção especial ao sistema de refrigeração, amortecimento, iluminação, estrutura e buzinas	

Fonte: Elaboração Própria

Os profissionais da empresa X estimam que o escopo pode ser realizado por um especialista mecânico e um especialista eletrônico num período entre 7 a 10 dias de trabalho contando turnos de 12 horas trabalhadas como determina o regime de trabalho offshore. Tal estimativa leva em consideração os pontos levantados nas seções 4.3.1 e 4.3.2, pois as inspeções regidas por normas usualmente são realizadas por um representante da certificadora, fugindo um pouco da realidade dos profissionais da empresa X. Os especialistas da empresa X confeccionaram uma pequena lista extra de ferramentas adicionais que somada a exposta na seção 4.3.1 possa otimizar o trabalho:

- Bomba tensionadora (tensionamento de parafusos)
- Aparelho de medição hidráulica multiponto
- Kit de análise de óleo de campo
- Multímetro
- Kit de análise de graxa de campo
- Osciloscópio
- Boroscópio
- Bomba de elétrica para aplicação de graxa
- Calibre medidor de desgaste de polias
- Calibre medidor de folga
- Kit de medidores telescópicos de diâmetro interno

4.3.3 Considerações das principais normas

Além das recomendações da empresa X, deve-se considerar a consulta e o acolhimento das recomendações das principais certificadoras de guindastes. Conforme abordado na seção 2.5, atualmente destacam-se a API e a ABS, a primeira com a API RP 2D e a segunda com seu guia para inspeção em embarcações conforme abordado no capítulo 9 da seção 45 que trata do tema dos guindastes offshore. Destaca-se o fato de que ambas normas são robustas e ricas em informações, todavia os *checklists* apresentados priorizaram os trechos que abordam a inspeção anual de guindastes offshore.

A API possui uma ampla abordagem com os escopos a serem realizados sob a API RP 2D, a norma aborda os itens críticos na visão da API que necessitam de atenção especial durante uma inspeção anual, o quadro 9 exemplifica as orientações da API RP 2D. Importante destacar que a norma orienta que antes da inspeção anual, devem ser realizadas as inspeções diárias, semanais, mensais, trimestrais e semestrais além do fato de que tais inspeções se aplicam a guindastes que tenham 50 horas de uso médio mensais em um período de quatro meses de operação.

Quadro 9 - Checklist adaptado da API RP 2D

Tarefas a serem realizadas anualmente	Check
Consultar o fabricante do guindaste sobre testes necessários dos freios do guincho e do sistema de giro	
Realizar inspeção visual nas soldas de fundação do guindaste na procura de fraturas, deformações ou corrosão. Caso seja encontrado algum desvio utilizar como referência os padrões técnicos como API RP 2X para solucioná-los	
Realizar inspeção visual nas redutoras de giro Barulhos significativos ou balanço nas engrenagens podem indicar desgaste na bucha do pino central	
Verificar se a lubrificação dos redutores de giro está sendo realizada de maneira correta	
Inspeccionar as áreas mais relevantes do guindaste que contenham rolamentos em sua montagem, buscar por desgastes excessivos ou danos	
<p>O desgaste do rolamento do sistema de giro deve ser monitorado através de análises das amostras de graxa, para tal seguem algumas sugestões:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Limpe a pista de giro do guindaste - Posicione a lança do guindaste com o menor raio possível para possibilitar uma rotação em 360° - Use a graxa recomendada pelo fabricante - Bombeie a graxa devagar enquanto rotaciona o guindaste 360° - Selecione 8 pontos igualmente espaçados para obter amostras - Armazene a amostra em um recipiente limpo - Para realizar uma análise preliminar, retire uma pequena porção da amostra e espalhe em um fundo claro como um pano branco - Dilua a pequena amostra com solvente a fim de expor contaminantes - Inspeccione a amostra procurando por partículas metálicas, areia, nylon, ferrugem, água, etc. - Deve-se dar atenção especial a quantidade, formato e tamanho das partículas metálicas - O fabricante do guindaste, um supervisor apropriado ou um engenheiro experiente deve ser consultado com relação ao resultado preliminar 	

<p>Inspecione o rolamento de giro com algumas das técnicas sugeridas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Método de inclinação - Método de depressão - Método de rotação 	
<p>Inspecione a integridade do sistema de conexão entre o guindaste e o rolamento de giro, esses sistemas podem ser conectados por:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Solda - Parafusos - Combinação dos dois sistemas <p>A integridade dessa conexão é crucial para a durabilidade das redutoras de giro. Em casos de uso de parafusos o fabricante do guindaste deve ser a única fonte com relação a valores e procedimentos para tensionamento dos parafusos da pista de giro</p>	
<p>Os rolamentos do sistema de bola e moitão do guindaste devem ser inspecionados levando em consideração:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A folga de giro dos rolamentos não deve exceder as especificações do fabricante - Os rolamentos devem ser ajustados de maneira periódica a fim de minimizar desgastes no pino central e sua bucha - A pista do rolamento deve estar lisa, sem buracos ou sulcos que possam desbalancear a distribuição de carga no moitão - Os rolamentos devem estar concêntricos - Rolamentos devem ser lubrificados corretamente sem sinais de ruídos durante o movimento 	
<p>As placas do moitão devem ser inspecionadas e tais instruções devem ser levadas em consideração:</p> <ul style="list-style-type: none"> - O moitão deve ser inclinado em ambas direções para inspeção , nenhuma deflexão pode ser encontrada entre as placas e o rolamento. Consultar tolerâncias do fabricante do moitão. - Os parafusos do moitão devem ser torquados de maneira correta. Buscar sinais de deformações, corrosão por pitting ou tamanho inapropriado das placas 	
<p>Testar os sistemas de segurança que impedem o moitão de colidir com as polias de acordo com o sistema utilizado no modelo de guindaste específico</p>	

Fonte: Adaptado da norma API RP 2D

Da mesma forma, a ABS também realiza suas considerações com relação às atividades a serem performadas durante uma inspeção anual, destacando atividades a serem performar em componentes críticos. O quadro 8 lista as orientações da ABS:

Quadro 10 - Checklist ABS adaptado

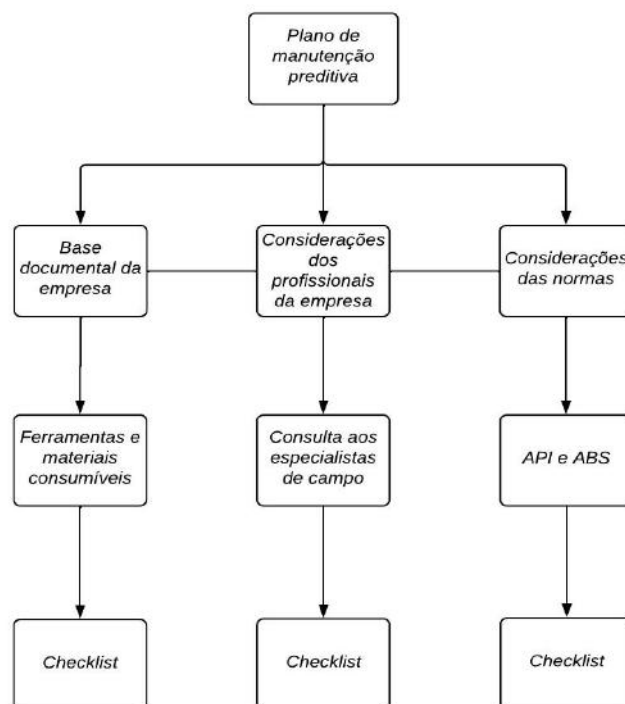
Tarefas a serem realizadas anualmente	Check
Realizar testes de sobrecarga no guindaste de acordo com tabela da norma	
Realizar inspeção visual na estrutura do guindaste contra excessiva incidência de desgaste, corrosão, deformação ou dano	
<p>Inspecionar visualmente os ganchos do guindaste contra deformação, desgaste e trincas.</p> <p>Performar ensaios não destrutivos nos mesmos</p>	
Realizar examinação externa do maquinário, tubulação e componentes elétricos.	
Realizar testes operacionais no maquinário de partida, embreagens, freios, guinchos e sistema de giro	
Realizar inspeção de ensaio não destrutivo e visual no cabo do guindaste	
Retirar amostra de graxa do rolamento de giro e enviar para análise laboratorial	
Realizar inspeções no sistema de giro, incluindo <i>rocking test</i>	
<p>Realizar testes funcionais no deck como: abertura e fechamento das lanças principal e auxiliar;</p> <p>testes de movimento de giro para ambos os lados; teste de içamento e arriamento de carga; sistemas de proteção e limitadores e medidores de ângulo de abertura das lanças</p>	
Realizar testes operacionais no sistema de içamento de pessoal	
Certificar que a SWL (<i>Safe Working Load</i>) estará claramente estampada na estrutura do guindaste	
Certificar que as instruções de manutenção e inspeção do fabricante do cabo de aço do guindastes estão sendo seguidas	
Realizar testes operacionais do modo de içamento subsea com o içamento e arriamento da SWL na profundidade disponível	

Realizar inspeção visual e não destrutiva na bola e no moitão do guindaste na presença de um representante da ABS	
Realizar inspeção nos parafusos da pista de giro conforme: i) Guindastes com idade entre 5 e 10 anos : deve-se remover e realizar END em 10% dos parafusos da pista de giro ii) Guindastes com idade entre 10 e 15 anos : deve-se remover e realizar END em 15% dos parafusos da pista de giro . iii) Guindastes com idade entre 15 e 20 anos : deve-se remover e realizar END em 20% dos parafusos da pista de giro iv) Guindastes com idade entre 20 e 25 anos deve-se remover e realizar END em 100% dos parafusos da pista de giro	
END's devem ser performados em soldas críticas do pedestal e king do guindaste conforme orientação do inspetor ABS	

Fonte: Adaptado de norma ABS

Neste sentido o plano de manutenção recomendado para aplicação na organização, considerou a seguinte estrutura:

Figura 18: Estrutura de Concepção do Plano de Manutenção



Fonte: Elaboração Própria (2023)

Vale destacar que as considerações da base documental da empresa X e as observações dos especialistas de campo são complementares e devem ser adotadas de forma conjunta. As considerações das normas devem ser adotadas em consonância com a certificadora do guindaste. Por fim vale informar que é muito importante ressaltar o papel do gestor de manutenção para implementação, treinamento e supervisão da rotina das atividades listadas nos *checklists*.

4.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Como levantado por Elwerfalli e Al-Maqesp (2021) no cenário atual da indústria de Óleo e Gás a manutenção se mostra como um evento mais crucial da operação, pois se faz importante para a melhora da qualidade dos equipamentos operacionais e seus componentes. Tendo a importância da gestão desse evento sendo ressaltada por Sahdom, Hoe e Dihllon (2019). Alves e Marcondes (2021) reforçam que as tecnologias foram avançando com o tempo e com os guindastes não foi diferente, com o desenvolvimento de equipamentos para atender os mais diversos cenários operacionais envolvendo tecnologias inovadoras. Como abordado por Da Silva Rodrigues (2022) em *Gestão dos Contratos de Afretamento do Setor Offshore*, é possível ter ideia dos impactos contratuais gerados por poucos minutos de parada de produção dentro de um contrato de afretamento na indústria de Óleo e Gás.

A estrutura do plano de manutenção preditiva proposto foi elaborada com o intuito de facilitar o planejamento da rotina de manutenção. Bussacaro e Azzolini (2019) já destacavam a importância do planejamento correto das atividades de manutenção, onde os autores relacionam o correto planejamento com o aumento de disponibilidade dos equipamentos, melhora no desempenho e confiabilidade dos mesmos. Civita (1976) define os guindastes como os principais equipamentos em qualquer projeto de médio ou grande porte, destacando que seu uso permite as mais variadas movimentações de carga, cumprindo com seu objetivo de transferir a carga de um ponto A para um ponto B, o autor ainda pontua que a operação e manutenção do equipamento com imperícia ou imprudência pode acarretar em acidentes graves trazendo prejuízos em recursos humano e material. No presente estudo de caso foi observado que a empresa realiza a maior parte de seus atendimentos em guindastes hidráulicos.

Dessa forma a API (2023) e ABS (2023) destacam que todos os guindastes com tempo de operação moderada ou severa devem passar por inspeções anualmente a fim de garantir o seu seguro funcionamento. Observou-se na empresa que as normas são levadas em

consideração para confecção de suas diretrizes de manutenção, portanto foi de suma importância a considerá-las para elaboração do plano de manutenção. Vale ressaltar que dado a amplitude das normas, se torna inviável inserir todos os tópicos no *checklist*, por isso resumí-las, pode ser uma estratégia assertiva para facilitar compreensão de forma mais didática.

O método de manutenção escolhido para esse trabalho foi o de manutenção preditiva, onde pautou-se a ideia abordada pela ABNT NBR 5462 de que a manutenção preditiva garante a qualidade de serviço, baseada na aplicação de técnicas analíticas, monitoramento e amostragem dos equipamentos e seus componentes, visando reduzir a necessidade de intervenções preventivas e corretivas.

Conforme Relvas e Mendonça (2019) é necessário a integralização de diversos métodos na elaboração de um plano de manutenção a fim de garantir uma melhoria no desempenho da gestão. Portanto, neste trabalho adotou-se como estratégia inicial a análise da base documental de diretrizes de manutenção da Empresa X, posteriormente levou-se em consideração as observações e sugestões do time operacional ao que tange às atividades de manutenção e por último foram consideradas as orientações das principais certificadoras de guindastes que versam sobre a manutenção de guindastes offshore, mais precisamente a API RP 2D e a ABS *Rules for survey after construction*, capítulo 9 seção 45.

A partir das estratégias, foi então possível delinear um plano de manutenção a partir de quadros com as atividades a serem performadas e suas periodicidades. Neste sentido, considerou-se uma estrutura de três principais eixos: base documental da empresa X, consideração dos profissionais da empresa X e consideração das normas. Para cada um desses eixos foi adotado um *checklist* além das ferramentas e recursos necessários para as atividades de rotina do setor de manutenção, conforme abordadas nas seções 4.3.1 e 4.3.2. Xenos (1998) afirmava que as ferramentas e recursos estimados para execução, são pontos importantes a serem considerados na elaboração de um plano de manutenção.

Como já abordava Relvas e Mendonça (2019), pode-se destacar os inúmeros desafios que surgem frente às variáveis, como por exemplo a dificuldade do levantamento dos recursos a serem alocados nas atividades de manutenção. Diversos foram os desafios, entretanto, vale sinalizar que foi observado a importância de caracterizar o equipamento dentro do contexto operacional da empresa, entender a periodicidade necessária de cada atividade dentro do plano a fim de manter operacionalidade do equipamento e por último escolher o profissional responsável por gerir e pôr em ação o plano elaborado.

Dessa forma explicita-se a necessidade de uma abordagem técnica para a solução do problema, capaz de estruturar um plano de ação somado aos recursos necessários para o

tratamento das causas raízes a fim de evitar a sua recorrência. Tendo em vista a necessidade da utilização de robustos planos de manutenção visando a disponibilidade do equipamento tais verificações aqui apresentadas se mostram de grande utilidade e robustez técnica para a mitigação das ocorrências de indisponibilidade.

4.4.1 Recomendações

Considerando a experiência na presente pesquisa, algumas recomendações são de grande valor para gestores e engenheiros de manutenção:

- A. Existem diversas ferramentas de gestão que podem auxiliar e acelerar o processo de confecção de um plano de manutenção como o Círculo de Controle de Qualidade (CCQ), a Manutenção Produtiva Total (MPT) e o Gerenciamento de Controle de Qualidade (GTQ). Esses métodos podem ser utilizados para auxiliar no enriquecimento de informações e gerenciamento de etapas para planejamento do processo, pois diferentes abordagens podem surgir para somar a discussão.
- B. Deve-se levar em consideração as recomendações do fabricante, pois são os desenvolvedores do equipamento e com isso a autoridade técnica máxima no que tange os equipamentos em questão.
- C. Existem normas de menor expressão que também podem ser estudadas a fim de enriquecer o planejamento e talvez sugerir pontos não abordados pelas normas aqui estudadas.
- D. O conhecimento dos trabalhadores é muito importante para concepção do plano de manutenção, portanto, é necessário considerar a leitura dos profissionais de manutenção que atuam nos níveis operacional, tático e estratégico.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo analisar o setor de manutenção de uma organização do setor de óleo e gás que atua no segmento de guindastes e propor um plano de manutenção preditiva para os guindastes articulados com o sistema de compensação ativa de ondas, visando minimizar problemas operacionais. Portanto, para atingir o objetivo foi explorado o estado da arte acerca do tema e posteriormente, analisado o setor de manutenção da empresa e finalmente foi disponibilizada uma proposta de plano de manutenção preditiva.

No referencial teórico, foi contextualizado de forma breve o conceito da manutenção, suas tipologias e a importância da mesma no mercado de Óleo e Gás; apresentar os principais modelos de guindastes e as principais normas orientadoras da operação e manutenção dos mesmos; finalmente apresentar o fluxo de solicitação de serviços em guindastes da Empresa X e propor o plano de manutenção preditiva.

Foi observado que a história da manutenção e a sua contextualização traz a ideia de um conceito basilar que evolui exponencialmente com o passar dos anos, em especial com o desenvolvimento de novos conceitos e técnicas que possibilitaram a evolução do conceito. Em relação às suas tipologias, é possível compreender a pluralidade dos conceitos e sua importância na implementação dos preceitos da manutenção. Observou-se a importância da área de manutenção dentro do setor de operações do mercado de óleo e gás em decorrências de diversos fatores como por exemplo a disponibilidade dos equipamentos operacionais. Também se observou a vinculação da baixa disponibilidade do equipamento com a má gestão de manutenção do mesmo.

Para conhecimento do equipamento abordado apresentou-se os principais modelos de guindastes utilizados na indústria offshore, destacando o guindaste hidráulico com lança articulada que foi o objeto deste trabalho. Em casos de ausência de referência para a elaboração dos planos foram abordadas as principais normas que orientam a manutenção dos guindastes no mercado offshore, sendo elas: API RP 2D e ABS *Rules for survey after construction* capítulo 9 seção 45. Ambas foram de grande valia para elaboração dos planos, dando origem a dois *checklists* dos planos apresentados.

No caso analisado notou-se ocorrência de *downtime* em guindastes em operação no mercado offshore. A utilização de uma sólida documentação da Empresa X, aliada com as orientações das principais normas e as considerações do time operacional da Empresa X

mostraram-se de suma importância para elaboração do plano. A confecção do plano se deu de maneira dinâmica, recebendo as entradas de cada fonte de forma gradual. Como resultado foi desenvolvido alguns *checklists* com as ações necessárias a serem performadas nos planos a fim de alcançar uma exposição de maneira didática e de fácil adoção dos planejadores.

Finalmente, o plano foi estruturado, contemplando três grandes eixos: base documental da empresa, considerações dos profissionais da empresa, considerações das normas, bem como as ferramentas e os recursos necessários. Algumas recomendações foram descritas, visando contribuir com a prática de planejadores de manutenção, operadores e proprietários de guindastes que possam passar por situações similares. Neste sentido, a adesão da cultura da manutenção preditiva deve fortalecer a aceitação dos planos de manutenção pelos profissionais, maximizar a disponibilidades dos guindastes e minimizar riscos de *downtime*.

5.1 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

O estudo de caso em questão recebeu contribuições da empresa X, entretanto, não foi possível se aprofundar tecnicamente em algumas informações, por questões de segurança de dados da empresa. Também não foi possível explorar com detalhes as causas de algumas situações de *downtime* por conter informações sensíveis de clientes. Alguns dados também foram aproximados e adaptados a fim de respeitar a regra de confidencialidade da empresa.

5.2 TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, sugere-se realizar um novo estudo de caso em um guindaste específico, no qual o gestor tenha aplicado o plano em questão. Pode-se verificar, a eficácia do mesmo, comparar os indicadores de disponibilidade e observar se houve melhora. Também pode-se realizar um estudo comparativo das ações presentes nos planos em uso de alguma empresa que tenha guindastes articulados em seus ativos com as ações aqui apresentadas. Esta estratégia permite levantar pontos de melhorias em ambos e verificar se as diferenças são significativas a ponto de impactar na disponibilidade do equipamento. Por último pode-se incluir uma revisão em normas de menor expressão a fim de somar novas informações à discussão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABS. Disponível em <https://ww2.eagle.org/en/about-us.html> acesso 29.maio.2023

AGÊNCIA PETROBRÁS. Disponível em <https://www.agenciapetrobras.com.br/pt/institucional/plataformas-da-bacia-de-campos-passam-por-servicos-de-manutencao-com-uso-de-hoteis-flutuantes-08-08-2022/> acesso 24 mar. 2023

ALMEIDA, PAULO SAMUEL. **Manutenção Mecânica Industrial Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada**. Saraiva Educação SA, 2018.

ALHARRAN, Dari et al. The Survey And Perspective Of Human Factors Associated With Maintenance Activity. **Journal of Energy and Safety Technology (JEST)**, v. 5, n. 2, p. 61-69, 2022.

ALONSO, Samanta de Lima. **Avaliação de políticas de gestão de manutenção baseadas na migração de riscos considerando critérios de disponibilidade e produtividade** 2022. Dissertação (Mestrado em engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2022.

ALVES, Bruno Camões; MARCONDES, Igor Arêas. **Estudo do desenvolvimento de um guindaste com lança retrátil e seleção de seus mecanismos**. 2021. 128f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia, Niterói, 2021.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (API). RP 2D: Operation and maintenance of offshore cranes. Seventh edition. 2014.

AMERICAN BUREAU OF SHIPPING (ABS). Lifting Appliances - Chapter 9 - Survey Requirements for Additional Systems and Services. 2021

API. Disponível em <<https://www.api.org/about>> acessado 29.05.2023

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade: Referências. Rio de Janeiro. 1994.

AUSTIN, Diane et al. **History of the Offshore Oil and Gas Industry in Southern Louisiana**: Volume 1. Papers on the Evolving Offshore Industry. Louisiana: Louisiana State University, 2008.

BASTOS, Daniel Fernando; RESCH, Sibelly. O uso da pirâmide de Bird para a gestão da segurança no trabalho: a análise de um caso. **Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)**, v. 2, n. 1, 2018.

BIRD, F.E. Jr & Germain, G.L. **Practical Loss Control Leadership**. 9, International Loss Control Institute, Georgia, USA, 1985

BLOOM, Neil. **Reliability Centered Maintenance (RCM): Implementation Made Simple: Implementation Made Simple**. McGraw Hill Professional, 2005.

BRANSKI, Regina Meyer; FRANCO, Raul Arellano Caldeira; LIMA JUNIOR, Orlando Fontes. Metodologia de estudo de casos aplicada à logística. In: XXIV ANPET Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte. 2010. p. 2023-10.

BUSSACARO, Jair; AZZOLINI, José Carlos. Plano de manutenção preventiva para cadeiras odontológicas da clínica da universidade do oeste de Santa Catarina. **Unoesc & Ciência-ACET**, v. 10, n. 1, p. 39-50, 2019

CALIXTO, Laura. Estudos de caso sobre custos ambientais: ênfase nos procedimentos metodológicos. **Revista de Administração Mackenzie**, [S.l.] v. 10, p. 87-109, 2009

CAMPOS, Luciana Aparecida de; MOURA, Roque Antônio de. Aplicação da técnica de manutenção centrada em confiabilidade, como metodologia na manufatura substrativa de usinagem em cilindros. **CIMATech**, v. 1, n. 6, p. 115-125, 2019.

CARNEIRO, Vladinice Clemente de Azevedo. **Manutenção planejada: um estudo sobre a aplicabilidade da metodologia em uma fábrica de garrafas plásticas**. 2019. [Dissertações de Mestrado \(Engenharia Mecânica\)](#) - Universidade Federal de Pernambuco, 2019.

CATÁLOGO ONLINE DE TREINAMENTOS NOV. Disponível em https://training.nov.com/lifting_catalogue.html acesso 28 maio 2023

CARVALHO, A; SOBRAL, J. **Availability of Critical Industrial Equipment based on a FMEA-AHP Analysis**. ESREL 2020 – 30th European Safety and Reliability Conference and PSAM 15 – 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference, Veneza, 2021

CHAVES, André Rodrigues. **Plano de manutenção preventiva aplicado a uma plataforma elevatória de acessibilidade**. 2019. 40f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

CIVITA, Victor I, **Pequena História das Invenções**. São Paulo: Abril Cultura. 1976.178p.

COELHO, Livia Maria Fragoas et al. Propostas de melhorias na gestão da manutenção para aumento da disponibilidade de equipamentos no setor de óleo e gás: uma revisão sistemática da literatura. **Sustainability** 2023.

CORREIA, Ana Paula Rodrigues. **Manutenção centrada em confiabilidade - um estudo de caso**. 2019. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019

DIVULGAÇÃO SHIPSPOTTING. Disponível em <https://www.shipspotting.com/photos/197151> acessado 28 maio 2023

DUTRA, Luís Eduardo Duque; CECCHI, J. C. O petróleo no início do século XX: alguns elementos históricos. **Revista Brasileira de Energia**, v. 4, n. 1, p. 7-34, 1995.

ELWERFALLI, Abdelnaser; AL-MAQESPI, Souad. Selection of Appropriate Maintenance Strategy for Oil and Gas Equipment Using Analytical Hierarchy Process (AHP). In: **Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management**. Sao Paulo, Brazil. 2021.

EMATNÉ, Thaís Arantes; GUEDES, Eduardo Emanuel Vieira. GESTÃO DA PRODUTIVIDADE: **estudo de caso para análise de métodos e práticas adotados na manutenção de sistemas de ROV**. Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas. 2019.

GOODE WJ, Hatt PK. **Métodos em pesquisa social**. 5 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional;1979:422.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função Estratégica**. 5. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2019.

LASSANCE, Antonio. **Recuperação ou reconstrução econômica: As opções do Brasil diante de uma crise sem igual e de soluções globais assimétricas**. Brasília: Inesc, 2020

LÜDKE M, André Meda. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU;1986.

MARCORIN, Wilson Roberto; LIMA, Carlos Roberto Camello. Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos. **Revista de ciência & tecnologia**, v. 11, n. 22, p. 35-42, 2003

MICHELON, Édén Carlos. **Gestão da manutenção: análise da criticidade em equipamentos de uma indústria no sudoeste do Paraná**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2019.

MORAES, Cayo Cid de França; PINHEIRO, Plácido Rogério; ROLIM, Ivo Goncalves; COSTA, Jose Luis da Silva; ELIAS JUNIOR, Marcos da Silva; ANDRADE, Sidney Jose Meireles de. Using the multi-criteria model for optimization of operational routes of thermal power plants. **Energies**, v. 14, n. 12, p. 3682, 2021.

MOURA, Reinaldo Aparecido. **Sistemas e Técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais**. 4 ed. Ver. São Paulo: IMAN, 1998.

OLIVEIRA, Camila do Vale de. **Análise do processo de uma empresa do setor de óleo e gás utilizando o indicador de eficiência global de equipamentos**. 2019. 116 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Fluminense, Rio das Ostras, 2019.

ONOFRE, W. **Estudo da aplicação das diretrizes pmi project management institute: em projetos offshore**, 2013; Trabalho de Conclusão de Curso; (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013

OTANI, Mario; MACHADO, Waltair Vieira. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial**, v. 4, n. 2, 2008.

[POSTALI, Fernando Antônio Slaibe](#); [PICCHETTI, Paulo](#). Irreversibilidade dos investimentos e valor da opção de encerrar a extração de petróleo. Pesquisa e Planejamento Econômico, RC IPEA, p. 289-318, 2006.

REIS, Igor Augusto Alves. **Revisão de um plano de manutenção preventiva para minimização de intervenções corretivas emergenciais no setor de utilidades de uma siderúrgica de grande porte**. 2021. 45 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2021.

RELVAS, Gabriel Ribeiro, MENDONÇA, Victor Pires. **Elaboração de planos de manutenção mecânica para turbinas aeroderivadas**. 2019. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2019.

RODRÍGUEZ PALOMARES, Claudia. Desarrollo de un Cuadro de Mando Integral para el Mantenimiento Sostenible en HOLPLAST. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidad de Holguín, Facultad de Ciencias Empresariales y Administración, Departamento de Ingeniería Industrial.

SAHDOM, Ahmad Syazwan; HOE, Alan Cheah Kah; DHILLON, Jaspaljeet Singh. An offshore equipment data forecasting system. In: **Intelligent and Interactive Computing: Proceedings of IIC 2018**. Springer Singapore, 2019. p. 115-126.

SILVA, Julia Gabriela Pereira da. **Proposta de um plano de manutenção para pontes rolantes com base nos conceitos da manutenção centrada na confiabilidade**. 2018. Monografia - (Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual do Maranhã, 2018

SILVA RODRIGUES, Verônica. GESTÃO DOS CONTRATOS DE AFRETAMENTO DO SETOR OFFSHORE. **Revista de Direito e Negócios Internacionais da Maritime Law Academy-International Law and Business Review**, v. 2, n. 2, p. 83-106, 2022.

SILVEIRA, R. **Fatores de sucesso no gerenciamento de projetos de petróleo e gás: uma aplicação da modelagem de equações estruturais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2015

SITE LIEBHERR DO BRASIL. Disponível em <https://www.liebherr.com/pt/bra/produtos/guindastes-maritimos/guindastes-offshore/compact-board-offshore-cranes/compact-board-offshore-cranes.htm> acesso 8.jun.2023

SITE MACGREGOR INTERNACIONAL. Disponível em <https://www.macgregor.com/news-insights/news-articles/2018/fibre-rope-crane-construction-enters-final-stages/> acesso 8.jun.2023

STABILE, Lucas de Lima. Estudo sobre falhas e defeitos de materiais metálicos empregados em processos da indústria de óleo e gás. 2020. Monografia (Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de São Paulo, 2020

STAKE RE. Case studies. In: Denzin NK, Lincoln YS (eds). **Handbook of qualitative research**. London: Sage, 2000

SUBSEA & ENERGY DO BRASIL. Disponível em <https://revista.subseaenergymagazine.com/pub/subseaworldbrazilmagazine/?pg=1#page/52acesso> 03.jun.2023

TELES, Jhonata. **Guia prático para implantação de indicadores de manutenção**. Brasília-DF: ENGETELES – Engenharia de Manutenção, Consultoria e Treinamentos. 9 p. 2017

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Rio de Janeiro: INDG, 1998. 302 p.

YIN R. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2a ed. Porto Alegre: Bookman; 2001.

YOUTUBE LUNCHBOX SESSIONS. Disponível em [Proportional Directional Valves: Fun With Electro-Hydraulics](#) acesso 18 jun. 2023

