



Análise dos custos da qualidade na manutenção de plataformas de petróleo: o papel estratégico do *business intelligence* em um estudo de caso

Analysis of quality costs in oil platform maintenance: the strategic role of business intelligence in a case study

Luan Victor da Silviera Santos¹, Diunay Zuliani Mantegazini^{2,*}, Giovane Lopes Ferri³,
Thiago Padovani Xavier⁴

¹ Graduado em Engenharia Química, Universidade Federal do Espírito Santo – Ufes, campus São Mateus, ES, Brasil

² Doutor em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista – UNESP, São Paulo, SP, Brasil

³ Professor do Centro Universitário Vale do Cricaré – UNIVC, São Mateus, ES, Brasil

⁴ Professor do Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade Federal do Espírito Santo – Ufes, campus São Mateus, ES, Brasil

*Autor para correspondência, E-mail: diunaymantegazini@gmail.com

Received: 4 February 2025 | Accepted: 1 March 2025 | Published online: 15 April 2025

Resumo: A estratificação de custos é uma técnica crucial para a gestão financeira de qualquer empresa. Essa abordagem permite identificar as principais fontes de despesas e propor soluções com base em indicadores e na gestão da qualidade total. No entanto, muitas empresas enfrentam dificuldades na implementação dessas técnicas devido à complexidade dos processos e à falta de ferramentas adequadas. Dentre as técnicas disponíveis atualmente no mercado, a Inteligência de Negócios (*Business Intelligence* - BI) permite que as organizações visualizem e interpretem grandes volumes de dados, facilitando a identificação de padrões e tendências que podem impactar diretamente a eficiência operacional. Dessa forma, a pesquisa tem como objetivo realizar uma análise acerca da estratificação de custos de manutenção em plataformas de petróleo por meio da utilização do BI. Os resultados mostraram que por meio das análises, a empresa conseguiu melhorar a eficiência operacional, reduzir o tempo de inatividade e antecipar problemas potenciais antes que se tornassem críticos. A análise visual por meio dos gráficos interativos e indicadores auxiliaram os gestores e equipes técnicas a identificar áreas de melhoria e a tomar decisões baseadas em dados precisos e atualizados. Além disso, a análise detalhada dos custos permitiu uma avaliação do retorno sobre os investimentos em manutenção preventiva versus corretiva, incentivando a adoção de estratégias que prolonguem a vida útil dos equipamentos e reduzam a necessidade de reparos emergenciais.

Palavras-chave: análise de dados; cadeia de suprimentos; ferramentas de decisão; gestão de custos; power BI.

Abstract: Cost stratification is a crucial technique for the financial management of any company. This approach allows the identification of major expense sources and the proposal of solutions based on financial indicators and total quality management. However, many companies face difficulties in implementing these techniques due to the complexity of the processes and the lack of adequate tools. Among the techniques currently available on the market, Business Intelligence (BI) allows organizations to visualize and interpret large volumes of data, facilitating the identification of patterns and trends that can directly impact operational efficiency. Thus, the research aims to analyze the cost stratification of maintenance on oil platforms through BI. The results showed that through the analyses, the company improved operational efficiency, reduced downtime, and anticipated potential problems before they became critical. Visual analysis through interactive graphs and indicators helped managers and technical teams identify areas for improvement and make decisions based on accurate and updated data. In addition, a detailed cost analysis allowed evaluation of the return on investment in preventive versus corrective maintenance, encouraging the adoption of strategies that extend the useful life of the equipment and reduce the need for emergency repairs.

Keywords: data analysis; petroleum supply chains; decision-making tools; cost management; power BI.

1 Introdução

A indústria de petróleo e gás ainda é um dos maiores motores da economia mundial (Hazbeh et al., 2021; Mantegazini et al., 2024; Mantegazini et al., 2025; Pinto et al., 2018; Ramzey et al., 2024). Apesar da crescente mudança para fontes de energia mais limpas e sustentáveis, o petróleo continua dominante no cenário energético devido ao seu papel essencial no atendimento às demandas energéticas do mundo (Ramzey et al., 2024). De acordo com a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), a produção de petróleo e gás natural no Brasil, em outubro de 2024, foi de 3,268 MMbbl/d (milhões de barris por dia) e 158.861 mil m³/d, respectivamente, totalizando 4,268 MMboe/d (milhões de barris de óleo equivalente por dia) (ANP, 2024).

No entanto, à medida que a complexidade das operações no setor aumenta, a gestão eficiente dos custos torna-se um elemento central para a competitividade dessas empresas. A manutenção dessas instalações, por exemplo, representa desafios significativos devido a características únicas, que vão desde a competição internacional até a globalização do mercado, conformidade regulatória e a complexidade trazida pelo avanço tecnológico (Olugu et al., 2022). Nesse contexto, a estratificação de custos, técnica que categoriza as despesas em diferentes tipos e categorias, surge como uma abordagem estratégica para diagnosticar fontes de ineficiência e otimizar os recursos financeiros disponíveis. Nas últimas duas décadas, o avanço tecnológico resultou em dados massivos (Kazeli, 2014). Dessa forma, selecionar e transformar esses dados em insights acionáveis se tornou uma questão desafiadora.

Neste contexto, a integração de ferramentas de Inteligência de Negócios (Business Intelligence - BI) e de Gestão da Qualidade Total (Total Quality Management - TQM) surge como uma solução promissora. O BI tem se tornado cada vez mais popular entre os mais diversos setores devido ao seu potencial para facilitar a tomada de decisões (Feng et al., 2009; Hmoud et al., 2023). Esse termo foi introduzido em meados dos anos 90 pelo Gartner Group (Burton et al., 2006) e agora é usado como pedra angular na maioria das empresas (Antunes et al., 2022). O BI é definido como um conjunto de métodos, processos e ferramentas que permite coletar, tratar, analisar e apresentar dados de forma inteligente, ajudando na tomada de decisões (Nyanga et al., 2020; Tirno, 2024). Devido a todas essas funcionalidades apresentadas, o BI tem sido adotado por grandes corporações ao redor do mundo e está se tornando cada vez mais uma ferramenta de tomada de decisão de grande importância para as organizações (Feng et al., 2009). Em relação aos custos da qualidade na indústria de petróleo e gás, a classificação tradicional inclui quatro categorias principais: custos de prevenção, custos de avaliação, custos de falhas internas e custos de falhas externas. A implementação de TQM e o uso do BI podem auxiliar na identificação e redução desses custos, melhorando a eficiência operacional e a competitividade da organização.

A TQM, como uma ferramenta para a melhoria contínua das práticas de uma organização para atingir o desempenho geral, tem recebido uma quantidade crescente de atenção nas últimas duas décadas (Bannor et al., 2024; Jung e Wang, 2006). A rápida expansão desse conceito foi uma resposta aos desafios impostos pelos níveis crescentes de competição no mercado global e maior atenção às questões de planejamento, garantia, controle e melhoria da qualidade (Akhmatova et al., 2022). Esse conceito teve início na década de 1920, quando Walter Shewhart aplicou o controle de qualidade do produto com a teoria estatística (Othman et al., 2020). Embora a TQM seja um conceito amplamente reconhecido para melhorar a produtividade e reduzir falhas, a aplicação específica dessa metodologia na gestão de custos em plataformas de petróleo ainda não foi plenamente explorado.

Pesquisas sobre cadeia de suprimentos no setor de petróleo e gás são limitadas, e os determinantes que influenciam a adoção/implementação de práticas sustentáveis para um sistema de gestão da cadeia de suprimentos na indústria de petróleo e sua influência no desempenho operacional de manutenção de plataformas de petróleo não foram profundamente analisados. Gardas et al. (2019) realizaram um estudo para identificar e analisar a influência dos determinantes de sustentabilidade no desempenho operacional e empresarial da cadeia de suprimentos de petróleo. Fernandes et al. (2015), propuseram um modelo MILP bi-objetivo para determinar as decisões de design relacionadas à instalação, dimensionamento e operação de infraestruturas, o custo estratégico de preço justo e tarifas e decisões táticas sobre afetações periódicas de produtos de depósito e rota e níveis de estoque para o design e planejamento de cadeias de suprimento de petróleo. Em um estudo recente, Nicknezhad e Zegordi (2024) usaram uma abordagem dinâmica com uma rede bayesiana para avaliar a probabilidade dos riscos da cadeia de suprimentos de petróleo e gás. No estudo de caso e com as informações coletadas de especialistas, concluíram que os

riscos mais influentes foram identificados como crise econômica, regulamentações/custo político, liderança organizacional e problemas de Tecnologia da Informação (TI).

Embora alguns estudos tenham buscado entender e modelar aspectos da cadeia de suprimentos do setor de petróleo e gás, pouco se tem estudado a respeito da estratificação dos custos da qualidade na indústria de petróleo e gás. Dessa forma, essa pesquisa tem como objetivo realizar uma análise sobre a estratificação de custos de manutenção em uma plataformas de petróleo, integrando conceitos de BI e TQM e assim contribuir para o desenvolvimento de uma cadeia de suprimentos no setor de petróleo e gás sustentável. Utilizando o Power BI como ferramenta de análise e visualização, a proposta visa centralizar dados financeiros e operacionais, facilitando a identificação de custos críticos e promovendo ações corretivas que aumentem a eficiência, a segurança e a competitividade das empresas do setor. Essa abordagem almeja não apenas superar os desafios técnicos e econômicos, mas também fomentar práticas mais sustentáveis e alinhadas às demandas atuais da indústria.

2 Custos da qualidade

A gestão industrial é baseada em três funções principais: produção, manutenção e qualidade (Bahria et al., 2019). A qualidade se tornou um conceito muito amplo e não se refere mais apenas à alta qualidade dos produtos, mas também abrange a qualidade em termos de prestação de serviços, pontualidade, serviços pós-venda e o próprio processo de produção (Ahmed Al-Dujaili, 2013). De acordo com Ahmed Al-Dujaili (2013), os custos da qualidade são classificados em quatro categorias principais:

- Custos de prevenção: esses custos estão associados ao planejamento da qualidade, projeto, implementação e gerenciamento do sistema de qualidade, auditoria do sistema, pesquisas com fornecedores e melhorias de processo;
- Custos de avaliação: esses custos estão associados à medição, avaliação ou auditoria de produtos e matérias-primas para garantir a conformidade com os padrões de qualidade e requisitos de desempenho na fábrica;
- Custos de falhas internas: esses custos estão associados a processos, equipamentos, produtos e materiais de produtos que são defeituosos ou não atendem aos padrões ou requisitos de qualidade;
- Custos de falhas externas: esses custos são geradas por produtos, serviços e processos defeituosos durante o uso do cliente. Elas incluem garantias, reclamações, substituições ou recalls, reparos, embalagens ruins, manuseio e devoluções de clientes.

A gestão eficiente dos custos da qualidade se tornou um fator crucial para a sustentabilidade e competitividade das operações no setor petrolífero. Nesse setor, a gestão eficaz desses custos é crítica, onde as falhas podem resultar em perdas significativas, tanto em termos de segurança quanto de impacto financeiro. A cadeia de suprimentos de petróleo e gás é semelhante à cadeia de suprimentos de qualquer outra indústria, mas envolve elementos complexos que se estendem dos locais de exploração de petróleo aos postos de combustível. Esta cadeia de suprimentos tem três fluxos, a saber, *upstream*, *midstream* e *downstream*. O *upstream* consiste em exploração e produção, enquanto o *midstream* é um sistema de distribuição que compreende oleodutos e petroleiros para transportar petróleo bruto para as refinarias. O *downstream* é o último estágio, que inclui refino, *marketing*, atacado e varejo (Gardas et al., 2019).

Nesse contexto é possível relacionar as exigências da ISO/TS 29001:2020 com as operações em plataformas *offshore*, onde os requisitos de conformidade e a logística complexa aumentam os desafios na integração de fornecedores, já que essa norma estabelece requisitos de qualidade específicos para fornecedores e operadores na cadeia de suprimentos do setor de petróleo e gás, garantindo que materiais, equipamentos e serviços atendam aos padrões de segurança e desempenho. A norma enfatiza a gestão de riscos e a prevenção de falhas em componentes críticos, como equipamentos de perfuração e sistemas de transporte, que são essenciais na operação de plataformas de petróleo. A norma também incentiva práticas de melhoria contínua, que são fundamentais para otimizar os programas de manutenção preventiva e preditiva, aumentando a confiabilidade e a eficiência operacional (ISO, 2020). Em combinação com ferramentas de *Business Intelligence* (BI) e a Gestão da Qualidade Total (TQM), a ISO/TS 29001 pode oferecer uma base robusta para a coleta e análise de dados de manutenção, permitindo decisões baseadas em dados.

3 Manutenção de plataformas de petróleo e gás

Atuando no *upstream*, grandes plataformas têm sido utilizadas para extrair petróleo e gás natural por décadas (Zhou et al., 2020). No entanto, a manutenção dessas plataformas representa um dos maiores desafios no setor de engenharia, especialmente devido à predominância da produção em ambientes *offshore*. Os principais desafios enfrentados nesse tipo de ambiente incluem acessibilidade e logística, condições climáticas extremas, risco operacional elevado, condições de trabalho isoladas, manutenção de equipamentos complexos, requisitos regulatórios e conformidade, gestão de resíduos e sustentabilidade (EQS Engenharia, 2024).

Para lidar com esses desafios, as estratégias de manutenção em plataformas são classificadas em cinco categorias principais: preventiva, preditiva, corretiva, detectiva e planejada (EPS, 2024). A manutenção preventiva é realizada em intervalos regulares com base em cronogramas, envolvendo atividades como inspeção, limpeza, lubrificação e substituição de peças desgastadas, com o objetivo de prevenir falhas e paradas inesperadas. Já a manutenção preditiva utiliza o monitoramento em tempo real visando a identificação de falhas potenciais antes que ocorram, permitindo intervenções oportunas e minimizando interrupções na produção (EPS, 2024).

A manutenção corretiva é realizada após a ocorrência de falhas, podendo ser planejada, quando a falha iminente é detectada previamente, ou não planejada, em resposta a falhas inesperadas. Por outro lado, a manutenção detectiva foca na identificação de falhas ocultas em sistemas de segurança e proteção, incluindo testes em sistemas de emergência e alarmes. Já a manutenção planejada engloba a programação detalhada de atividades preventivas, preditivas e detectivas, baseando-se em análises de confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos para otimizar a eficiência da produção e o ciclo de vida dos ativos (EPS, 2024).

Apesar dos esforços para programar manutenções de forma eficiente, determinar intervalos ideais para a manutenção preventiva continua sendo um desafio, especialmente devido à crescente complexidade dos sistemas de produção, que combinam componentes eletroeletrônicos e mecânicos em larga escala (Kunz, 2022). Isso exige que os trabalhadores de manutenção realizem constantemente tarefas de inspeção e manutenção para manter as necessidades de produção, reduzindo ao mínimo o risco de falhas que podem danificar gravemente o meio ambiente, os operadores ou o maquinário e dispositivos relacionados à estação (Caiza et al., 2020).

Em um ambiente industrial, paradas de manutenção planejadas e não planejadas podem ter um impacto significativo na sustentabilidade e na lucratividade de curto e longo prazo. Durante uma parada, os custos fixos de equipamentos, imóveis e mão de obra permanecem constantes, enquanto a produção é essencialmente zero (Bohlin e Wärja, 2015). Um exemplo recente é a queda nas exportações de petróleo do Brasil devido às paradas de produção para manutenção em plataformas de alta produção, o que afetou negativamente a balança comercial do país no início de 2024 (EPS, 2024).

A utilização do BI tem sido um diferencial na programação eficiente de manutenções, reduzindo a ocorrência de intervenções não planejadas. Isso se deve ao fato de que essa ferramenta permite uma análise avançada de dados históricos e em tempo real, possibilitando a definição de estratégias mais eficazes. Ao identificar padrões de desempenho dos equipamentos e analisar indicadores operacionais, o BI otimiza os esforços de manutenção, para maximizar a confiabilidade e minimizar custos desnecessários. Dessa forma, a tomada de decisão se torna mais precisa, priorizando ações preventivas e preditivas em vez de corretivas.

4 Metodologia

O Power BI é uma ferramenta de inteligência empresarial desenvolvida pela *Microsoft Corporation* que, por meio de uma coleção de serviços de *software*, aplicativos e conectores, trabalha para transformar dados em análises coerentes, visualmente imersivas e interativas (Viveros et al., 2022). Devido à sua interface amigável, facilidade de uso e funcionalidade abstrata, essas ferramentas estão se tornando cada vez mais comuns para dar suporte à tomada de decisões baseada em dados (Harode et al., 2022).

Inicialmente, foi selecionada uma empresa da área de manutenção, que atua no setor petrolífero *offshore*, como objeto de análise. Uma vez selecionada a empresa, foi realizada a coleta de dados quantitativos e qualitativos por meio de entrevistas, observações e análise de documentos. Além disso, foram realizadas análises de relatórios e de registros de manutenção para a obtenção de informações específicas sobre manutenção preventiva e corretiva, incluindo histórico de falhas, tempo de inatividade e outros custos, e registraram-se, também, observações pontuais sobre o ambiente operacional e as práticas

de gestão da qualidade. A coleta de dados ocorreu ao longo de um período de dois anos, ou seja, de 2020 a 2022. É importante ressaltar que devido à sensibilidade dos dados utilizados, buscou-se respeitar a confidencialidade dos dados, bem como da empresa em análise.

Após a etapa de coleta de dados, iniciou-se o processo de Extração, Transformação e Carga (*Extract, Transform, Load* - ETL), fundamental para garantir a qualidade e integridade dos dados. No entanto, essa fase apresentou desafios significativos, especialmente devido à padronização das informações, que provinham de diversas fontes e estavam armazenadas em formatos distintos. A construção de *pipelines* de dados robustos foi essencial para consolidar um grande volume de informações, exigindo ajustes contínuos. Além disso, a compatibilização de registros históricos, a eliminação de redundâncias e a correção de inconsistências demandaram esforços contínuos para assegurar um conjunto de dados confiável e bem estruturados.

Uma vez tratados, os dados foram carregados em um *data warehouse* centralizado no Power BI para que possam na sequência serem usados em análises, relatórios, tomados de decisões e geração de *insights*. O *data warehouse* é um tipo de sistema de gerenciamento de dados projetado para ativar e fornecer suporte às atividades de BI, especialmente a análise avançada. Os *data warehouses* centralizam e consolidam grandes quantidades de dados de várias fontes. Seus recursos analíticos permitem que as organizações obtenham informações de negócios úteis de seus dados para melhorar a tomada de decisões (OCI, 2024). Com isso, esses dados passaram a fazer parte de um conjunto de dados sistematizado que forneceu insumos através dos quais foram construídos relatórios gerenciais. Esse processo possibilitou a aplicação de *benchmarks* combinados com os dados internos da empresa, permitindo uma classificação precisa das estratégias de manutenção e garantindo um alinhamento mais eficaz com as necessidades operacionais.

5 Resultados e discussões

A estratificação dos dados obtidos pela integração dos diversos sistemas de informação utilizados pela empresa, foram organizados considerando dados de manutenção preventiva e corretiva, incluindo histórico de falhas, tempo de inatividade e status atual dos sistemas. Nesse aspecto, essa consolidação de dados de várias fontes, apesar de complexa, pode garantir que os tomadores de decisão tenham acesso a uma visão abrangente e unificada dos custos da qualidade em operações de manutenção, como no caso desse estudo em plataformas *offshore*. A Figura 1 exibe o modelo de relacionamento entre as tabelas para que fosse possível estabelecer análises com os dados expostos na mesma.

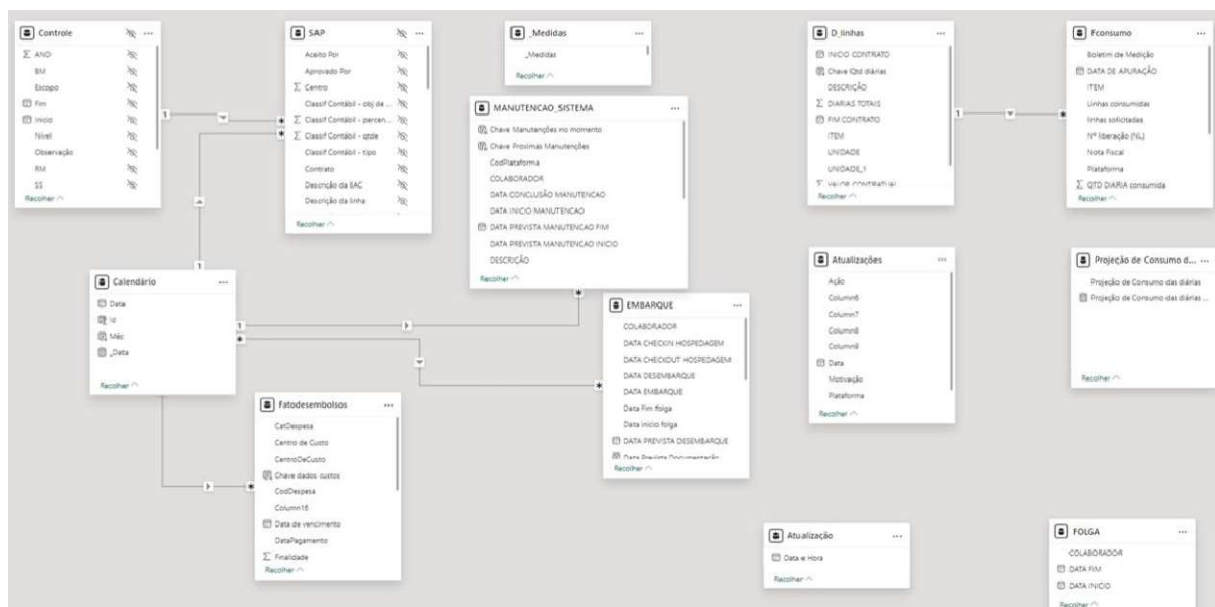


Figura 1. Modelo relacional.

Na Figura 1 é possível observar a terminologia utilizada para denominar as tabelas que compõe o conjunto de dados, estruturada para que a ferramenta de BI possibilite que o gestor possa realizar uma análise integrada de dados. Sendo possível a realização de análise descritiva com um resumo e visualização de dados históricos para obter insights sobre desempenho, tendências e padrões passados;

análise de diagnóstico para identificação das causas raiz de problemas e anomalias nas operações; análise preditiva com previsão de tendências futuras e possíveis problemas e enfrentem os desafios de forma proativa; e análise prescritiva com recomendação de ações para otimizar operações, melhorar a eficiência e aprimorar os custos de manutenção. Na Tabela 1 está descrito o nome de cada tabela e o motivo por trás de cada nomenclatura.

Tabela 1. Nomenclaturas exibidas no modelo relacional.

Nome	Conceito
Controle	Esta tabela serve como base para o gerenciamento das informações relacionadas às operações de manutenção. A tabela organiza dados sobre os escopos das manutenções realizadas, as unidades de negócio envolvidas, o status atual das operações e os respectivos níveis de execução.
SAP	O SAP é um Sistema de Gestão Empresarial (<i>Enterprise Resource Planning</i> - ERP). O sistema oferece soluções para otimização de processos em diversas áreas como: recursos humanos, controle financeiro, logística, petróleo, gás, energia e outras operações críticas.
_Medidas	Essa tabela organiza e armazena medidas utilizadas no Power BI, facilitando a construção e manutenção do <i>dashboard</i> . As medidas no Power BI possibilitam cálculos dinâmicos nos dados conforme o usuário interage com os relatórios, além de permitir a criação de métricas personalizadas para obter insights mais relevantes.
Dlinhas	Esta é a tabela de dimensão das linhas, responsável por fornecer dados complementares ou descritivos para a tabela de fatos. A tabela apresenta informações específicas, como as linhas de consumo associadas às manutenções realizadas.
Fconsumo	Esta é a tabela de fatos que consolida dados centrais e repetitivos relacionados às operações da empresa. A tabela agrega informações quantitativas, permitindo análises detalhadas e cruzamentos com outras dimensões.
MANUTENCA O_SISTEMA	A tabela de manutenção organiza informações relacionadas aos sistemas mantidos e aos serviços realizados. A tabela facilita o acompanhamento e a documentação das operações de manutenção.
Calendário	Esta tabela contém informações complementares, como dias úteis, feriados, semanas, meses e trimestres, servindo como referência temporal para análise de dados no <i>dashboard</i> .
Fatodesembolsos	Essa é uma tabela de fatos voltada para as movimentações financeiras da empresa. Nela estão registradas as informações sobre desembolsos, custos e transações, permitindo análises financeiras detalhadas.
Embarque	Esta tabela contém dados referentes aos embarques realizados para execução das manutenções. Ela se relaciona com a tabela de calendário para fornecer informações temporais e organizacionais sobre cada operação de embarque.
Atualizações	Essa tabela lista as informações mais recentes adicionadas à base de dados, permitindo o rastreamento das modificações realizadas.
Atualização	Esta tabela identifica a data e hora das últimas atualizações realizadas na base de dados, garantindo que o <i>dashboard</i> apresente sempre os dados mais atualizados disponíveis.
Projeção	deEsta tabela é utilizada para cálculos de projeções. Ela contém insumos, equações e colunas calculadas que permitem prever o consumo diário com base em critérios específicos.
Consumo diárias	
FOLGA	Esta tabela registra informações sobre as folgas dos colaboradores da empresa. Ela é fundamental para a elaboração e organização de cronogramas de trabalho e planejamento das equipes.

Após o entendimento sobre as nomenclaturas utilizadas no modelo relacional, iniciou-se o desenvolvimento dos painéis que abordassem diversas atividades fundamentais em uma plataforma, tais como: cronogramas de embarque e de manutenção, além do acompanhamento em tempo real dos sistemas mantidos e auditorias de manutenção. Esses painéis podem ser projetados usando diferentes opções de visualização para criar *insights* que permitem aos usuários visualizar e interagir com os dados em uma interface intuitiva (Harode et al., 2022). A Figura 2 exibe o cronograma de embarque.



Figura 2. Cronograma de embarque.

A Figura 2 exibe o cronograma de embarque, onde é possível acompanhar quais os colaboradores possuem embarques agendados, quando esses embarques acontecerão, onde acontecerão, quando deverão estar no hotel antes de embarcar e quando passarão por inspeção médica. Por meio desse painel, pode-se filtrar por ano, mês, colaborador, solicitação de serviço e plataforma e observar os dados de embarque segmentação por cada critério específico, o que fornece uma visão mais objetiva.

Para trabalhar em plataformas de petróleo, geralmente há um processo bem estruturado que os funcionários precisam seguir antes de embarcar. Esse processo compreende diversas etapas, incluindo avaliação médica ocupacional, treinamentos obrigatórios, testes de substâncias e álcool, *check-in* no sistema da empresa, hospedagem em hotel credenciado, *briefing* pré-embarque, transporte para o aeroporto ou heliponto, controle de acesso e peso da bagagem e, por fim, o embarque no helicóptero rumo à plataforma.

No sistema desenvolvido, o processo foi resumido nas seguintes etapas: i) avaliação médica – antes de embarcar, os funcionários passam por exames médicos detalhados para garantir que estão fisicamente aptos para o trabalho *offshore*; ii) hospedagem – os colaboradores que não residem na cidade da base de embarque normalmente são direcionados a um hotel credenciado pela empresa ou pela operadora da plataforma; iii) embarque – antes da viagem, os funcionários participam de um *briefing* de segurança onde são informados sobre as condições atuais, procedimentos operacionais e quaisquer atualizações relevantes, e na sequência ocorre o deslocamento até a plataforma.

Por exemplo, ao analisar o Colaborador 1, observa-se que ele passou pela inspeção médica em 30 de junho de 2021, permaneceu hospedado nos dias 12 e 13 de julho enquanto aguardava o embarque e seguiu para a plataforma ‘P38’ em 14 de julho. A análise desses dados desempenha um papel crucial na compreensão e resposta aos comportamentos e necessidades dos funcionários no processo de embarque. Ao alavancar *insights* baseados em dados, os gestores podem otimizar a alocação de recursos, prever horários de pico de embarque, personalizar serviços para atender às necessidades na busca por melhoria contínua na experiência de embarque, incluindo a busca pela satisfação do funcionário e otimização de recursos.

Por meio da Figura 3, pode-se verificar as últimas informações sobre embarques adicionadas a base de dados. Essas informações de embarques são importantes uma vez que o setor de óleo e gás brasileiro tem grande parte da sua operação feita em alto-mar, 95,0% aproximadamente (Loureiro, 2024). Muito distantes da costa, as plataformas de petróleo são transformadas em pequenas cidades flutuantes aptas a receberem em média 150 funcionários, os quais chegam por meio de helicópteros (IBP, 2024). Contudo, esse tipo de serviço de transporte pode apresentar fatores relevantes que podem influenciar a satisfação do funcionário na operação de embarque e desembarque (Bellizzi et al., 2020), por isso, além das características intrínsecas do transporte aéreo *offshore*, as empresas ainda estão preocupadas com a qualidade do transporte de seus funcionários e as características que levam à satisfação destes.

A tomada de decisão neste tipo de operação é um processo complexo de selecionar uma ação possível dentre todas as alternativas disponíveis. Em quase todos esses problemas, a multiplicidade de critérios para julgar as alternativas é generalizada se o gestor não tiver ao seu alcance todos os dados disponíveis de forma integrada. Mesmo assim, muitos dos problemas complexos enfrentados pelos tomadores de decisão fazem com que eles queiram atingir mais de um objetivo ou meta na seleção da ação, ao mesmo tempo em que satisfazem todas as restrições afetadas pelo ambiente, processos e recursos (Dimitriou et al., 2024), fazendo com que seja necessário o uso de métodos e técnicas de análise multicritério como uma ferramenta de suporte à decisão para integrar vários resultados operacionais e financeiros de infraestrutura com os valores das partes interessadas em vários projetos, especialmente aqueles que envolvem tomada de decisão complexa.

Data	Sistema	Plataforma	Motivação	Ação
sexta-feira, 11 de março de 2022		P14	Tubo colaborativo destinado para o embarque do dia 07/03 na P50 foi redirecionado para embarque na P14 dia 11/03/2022 por decisão da Petrobras	alteração
sexta-feira, 10 de junho de 2022		P40	Adicionado embarque em emergência dia 08/06/2022	Adição
segunda-feira, 27 de dezembro de 2021	Guindaste	P40	Adicionado embarque emergencial na data 31/12/2021	Adição
quarta-feira, 29 de dezembro de 2021		P47	Adicionado embarque emergencial para P47 na data 31/12/2021	Adição
sexta-feira, 8 de abril de 2022		P18	Adicionado embarque na data 03/06/2022	Adição
segunda-feira, 13 de dezembro de 2021		P58	Adicionado embarque na data 04/01/2022	Adição
sexta-feira, 3 de junho de 2022		P54	Adicionado embarque na data 04/06/2022	Adição
sexta-feira, 1 de abril de 2022		P47	Adicionado embarque na data 06/04/2022	Adição
sexta-feira, 1 de abril de 2022		P50	Adicionado embarque na data 06/04/2022	Adição
sexta-feira, 4 de março de 2022		P50	Adicionado embarque na data 07/03/2022	Adição
sexta-feira, 25 de abril de 2022		P40	Adicionado embarque na data 07/06/2022	Adição
quinta-feira, 16 de dezembro de 2021		P50	Adicionado embarque na data 06/01/2022	Adição
sexta-feira, 25 de abril de 2022		P50	Adicionado embarque na data 12/06/2022	Adição
sexta-feira, 3 de junho de 2022		P76	Adicionado embarque na data 12/06/2022	Adição
sexta-feira, 13 de maio de 2022		P47	Adicionado embarque na data 12/07/2022	Adição
sexta-feira, 27 de maio de 2022		P42	Adicionado embarque na data 13/06/2022	Adição
quinta-feira, 21 de outubro de 2021	Ancoragem/Pull in	P52	Adicionado embarque na data 13/12/2021	Adição
segunda-feira, 13 de dezembro de 2021	Guindaste	P25	Adicionado embarque na data 14/01/2022	Adição
segunda-feira, 27 de dezembro de 2021		P51	Adicionado embarque na data 14/02/2022	Adição
segunda-feira, 27 de dezembro de 2021		P58	Adicionado embarque na data 14/02/2022	Adição
segunda-feira, 27 de dezembro de 2021		P76	Adicionado embarque na data 14/02/2022	Adição
sexta-feira, 25 de março de 2022		P51	Adicionado embarque na data 14/04/2022	Adição
quinta-feira, 16 de dezembro de 2021	Pull in	P40	Adicionado embarque na data 15/01/2022	Adição
segunda-feira, 27 de dezembro de 2021	Pull in	P74	Adicionado embarque na data 15/01/2022	Adição
sexta-feira, 29 de abril de 2022		P54	Adicionado embarque na data 15/06/2022	Adição
sexta-feira, 29 de abril de 2022		P25	Adicionado embarque na data 16/05/2022	Adição
sexta-feira, 24 de junho de 2022		P56	Adicionado embarque na data 16/07/2022	Adição
sexta-feira, 29 de abril de 2022		P57	Adicionado embarque na data 18/06/2022	Adição
sexta-feira, 3 de junho de 2022		P25	Adicionado embarque na data 18/06/2022	Adição

Figura 3. Atualizações.

Em uma plataforma, usualmente os tipos de funcionários podem ser categorizados da seguinte forma: operações de perfuração e produção (sondador, assistente de sondador, platformista, ajudante de plataforma, encarregado de sonda, supervisor de poço, operador de produção), engenharia e manutenção (engenheiro de perfuração, engenheiro de produção, engenheiro de segurança e meio ambiente, técnico de manutenção mecânica, técnico de manutenção elétrica, técnico de instrumentação), segurança e emergência (médico e enfermeiro *offshore*, técnico de segurança do trabalho, bombeiro *offshore*), logística e suporte (operador de rádio, coordenador de logística, almoxarife, cozinheiros e auxiliares de cozinha, equipe de limpeza e serviços gerais).

Além desses, dependendo das especificidades de cada operação, outros profissionais podem estar envolvidos, como geólogos e geofísicos (para estudos do subsolo e reservatórios), mergulhadores (para inspeções subaquáticas), técnicos de TI (para suporte aos sistemas embarcados) e analistas ambientais (para monitoramento dos impactos no meio ambiente). Logo, percebe-se a importância de um sistema que auxilie na visualização de informações em tempo real devido ao grande número de colaboradores.

No contexto da indústria de petróleo e gás, a programação de manutenção desempenha um papel muito importante (Fernández Pérez et al., 2018; Levorato et al., 2023). Esforços substanciais têm sido investidos na minimização do custo total esperado devido a falhas e manutenção preventiva de equipamentos industriais (Bohlin e Wärja, 2015). Por meio da Figura 4, cronograma de manutenção, é possível observar quando haverá manutenção, qual o sistema mantido, tipo de manutenção, onde acontecerá, o colaborador responsável e o intervalo de datas em que aquela manutenção acontecerá. Observando a tela de cima para baixo, podem-se verificar os filtros de solicitante, data, plataforma, serviço, sistema, colaborador e solicitação de serviço. Tais filtros permitem segmentar e observar às informações de manutenção de maneira sucinta.

Essas informações são extremamente importantes devido à grande quantidade de sistemas que compõem uma plataforma e que necessitam de manutenção. Dentre os principais, pode-se destacar: sistemas de ancoragem e amarração (sistema de ancoragem, sistema de *pull-in*, sistema de amarração dinâmica), sistemas de movimentação de cargas (guindastes e sistemas de elevação, sistema de *offloading*), sistemas de produção e processamento (árvore de natal e cabeça de poço, *manifold* e linhas de fluxo, separadores gás-óleo-água, trocadores de calor e sistemas de refrigeração, bombas e compressores), sistemas de energia e controle (geradores e turbinas, subestações e transformadores, sistema de automação e controle), sistemas de segurança e emergência, e sistemas de controle e estabilidade.

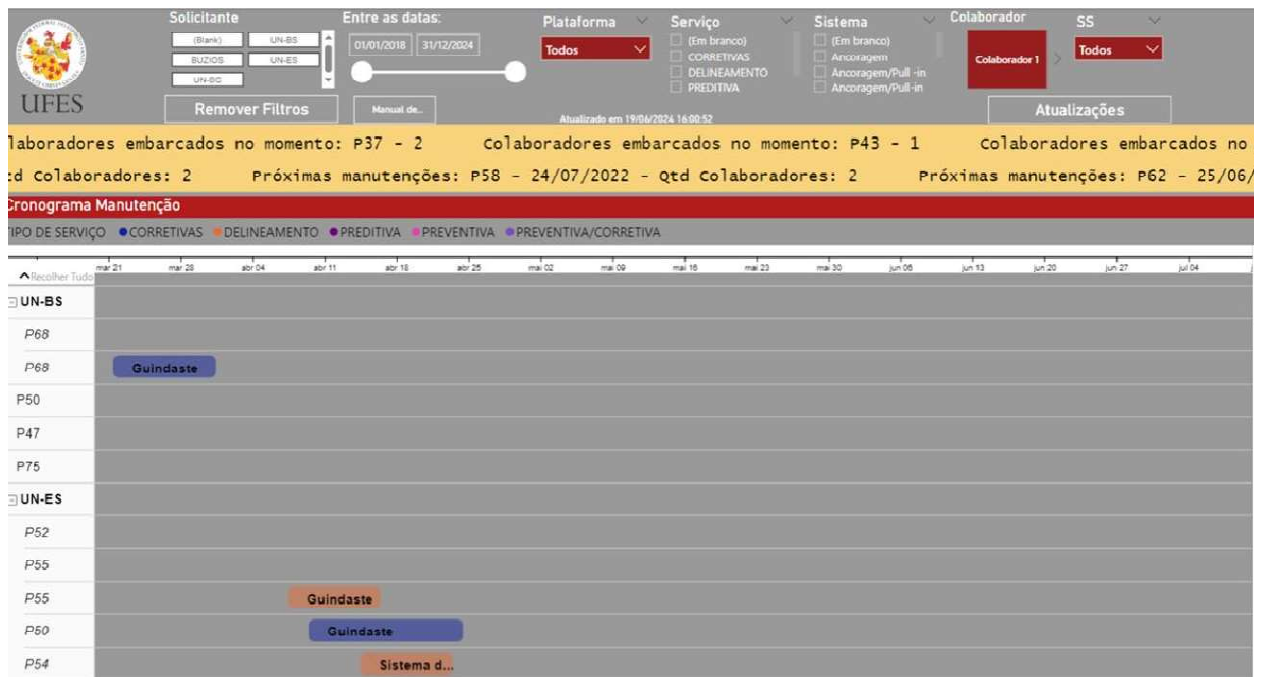


Figura 4. Cronograma de manutenção.

Além desses, há outros sistemas essenciais que também demandam manutenção, como sistemas de combate a incêndio (*sprinklers*, hidrantes, sistemas de detecção e supressão de incêndios), sistemas de tratamento e descarte de resíduos (gerenciamento de resíduos sólidos e líquidos), sistemas de ventilação e ar condicionado (HVAC), sistemas de comunicação (rádios, satélites e redes de dados para comunicação interna e externa) e sistemas de lastro (que garantem a flutuabilidade e estabilidade da plataforma, especialmente em unidades semi-submersíveis). No entanto, esses sistemas operam sobre uma periodicidade de manutenção diferente, geralmente exigindo intervenções programadas e menos frequentes.

Dessa forma, no sistema desenvolvido, o foco foi fornecer uma abordagem de manutenção para os sistemas que requerem intervenções mais frequentes, garantindo maior eficiência no planejamento e na execução das atividades dos diferentes tipos de manutenção.

A utilização do BI na auditoria de contratos de manutenção em plataformas de petróleo tem um impacto significativo na adaptação das empresas ao modelo de trabalho da Empresa Contratante. Na Figura 5 está representada uma solução avançada para suporte ao processo de auditoria, permitindo uma análise detalhada dos contratos de manutenção, incluindo informações essenciais como descrição dos serviços, unidade de medição, relatório de medição, item e intervalo de apuração. Esse nível de detalhamento possibilita a segmentação dos contratos e a avaliação da receita apurada, saldo contratual e medições diárias.

Além disso, a solução de BI oferece a possibilidade de construção de gráficos interativos que possibilite ao gestor, por exemplo, acompanhar o demonstrativo da evolução da receita ao longo do tempo, permitindo a visualização da receita acumulada e tendências financeiras. Esses *insights* são fundamentais para aprimorar a gestão financeira e a tomada de decisões estratégicas. Por exemplo, ao identificar padrões sazonais na receita, a empresa pode ajustar sua alocação de recursos para otimizar custos e aumentar a eficiência operacional, além do desenvolvimento geral, mantendo um equilíbrio saudável entre a necessidade de entregas de curto prazo e uma perspectiva estratégica de longo prazo (Dimitriou et al., 2024).

As abordagens atuais para avaliação de projetos podem ser geralmente classificadas em três tipos. Procedimentos tradicionais de tomada de decisão, como análise de custo-benefício, análise de decisão multicritério, avaliação do ciclo de vida, avaliação do ciclo de vida social e outros, estão incluídos no primeiro. O segundo discute sistemas de classificação de sustentabilidade, para classificar e pontuar projetos com base em seu desempenho de sustentabilidade, enquanto o terceiro discute quais estruturas podem ser usadas para avaliações de sustentabilidade e avaliação de projetos ou infraestruturas (Dimitriou et al., 2024).

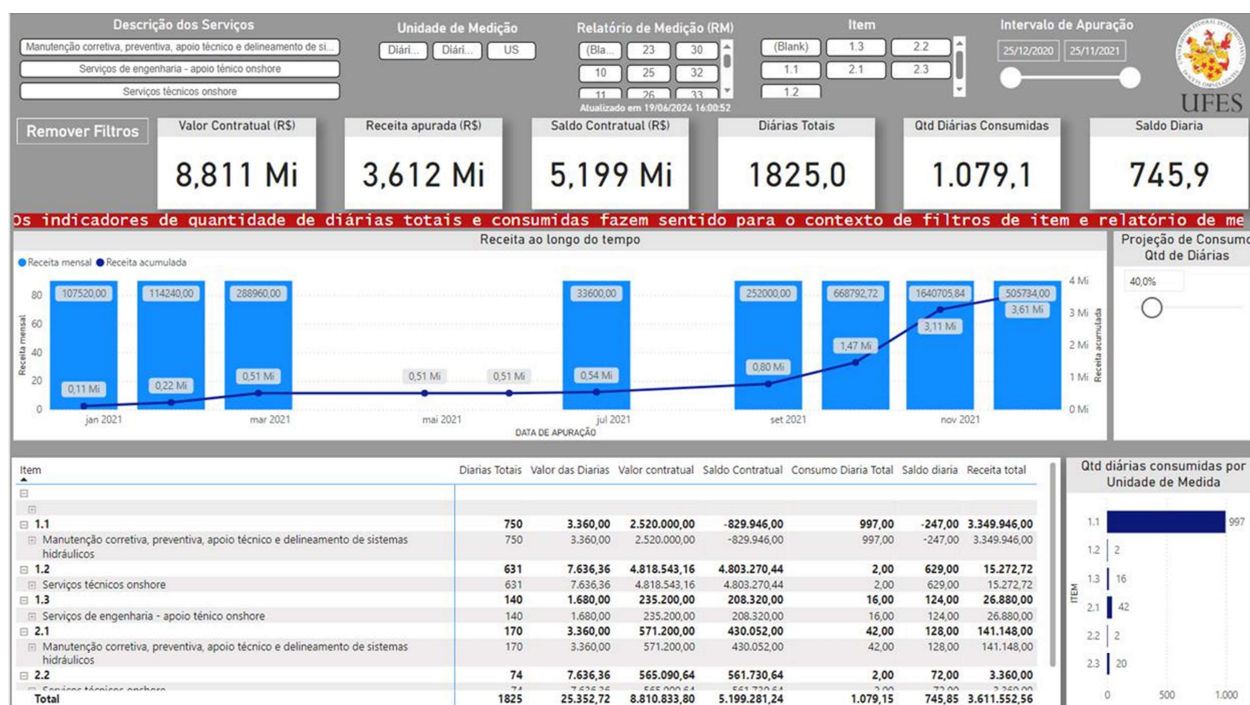


Figura 5. Auditoria.

Outro ponto relevante é a capacidade de análise em tempo real. Ao clicar em pontos específicos do gráfico de receita ao longo do tempo, é possível acessar informações detalhadas de auditoria em datas específicas, conforme ilustrado na Figura 6. Essa funcionalidade melhora a rastreabilidade e o controle sobre a execução dos contratos, garantindo maior conformidade com os padrões exigidos pela Petrobras.

Para evidenciar os impactos financeiros dessa abordagem, pode-se comparar com estudos sobre custos da qualidade. De acordo com Juran (1992), empresas que investem em auditoria e controle de qualidade conseguem reduzir falhas operacionais em até 30%, resultando em uma economia significativa. Em uma simulação baseada nos contratos analisados, uma redução de 20% nos custos de falhas internas poderia representar um aumento de 5% na margem operacional da empresa, demonstrando o retorno positivo da implementação do BI na auditoria de contratos.

DATA DE APURAÇÃO	Receita mensal	Consumo Diária Total	Projeção de Consumo Qtd Diárias	RM's Faturadas
25/12/2020	107.520,00	32,00	32,00	8
25/10/2021	78.305,84	22,15	7,38	33
25/10/2021	1.451.520,00	432,00	27,00	32
25/10/2021	110.880,00	33,00	33,00	30
25/09/2021	47.040,00	14,00	14,00	29
25/09/2021	480.632,72	148,00	6,43	28
25/09/2021	141.120,00	42,00	14,00	27
25/08/2021	204.960,00	61,00	20,33	26
25/08/2021	47.040,00	14,00	14,00	25
25/06/2021	33.600,00	10,00	10,00	23
25/02/2021	288.960,00	86,00	28,67	11
25/01/2021	114.240,00	34,00	34,00	10
25/11/2021	505.734,00	151,00	18,88	
Total	3.611.552,56	1.079,15	16,60	

Figura 6. Auditoria em data específica.

Na Figura 6 é possível visualizar os dados de auditoria em datas específicas. RM's faturadas são o número de relatórios de medição faturados naquela data. Um relatório de medição em um contrato com a Petrobras, por exemplo, é o documento que registra os serviços executados ou materiais fornecidos dentro de um período, servindo como base para aprovação de pagamento. Nele são detalhadas as atividades realizadas, quantidades medidas e valores correspondentes. Quando o relatório é faturado, significa que o mesmo foi aprovado pela Petrobras, permitindo à empresa contratada emitir a nota fiscal e receber o pagamento conforme os prazos contratuais.

Em síntese, a análise financeira de uma empresa de manutenção em plataformas de petróleo é crucial para entender sua saúde financeira e identificar áreas de melhoria. Para isso, utilizou-se uma série de indicadores financeiros que relacionam a receita total e os diversos custos e despesas da empresa, como pode ser visto por meio da Figura 7 e da Tabela 2.

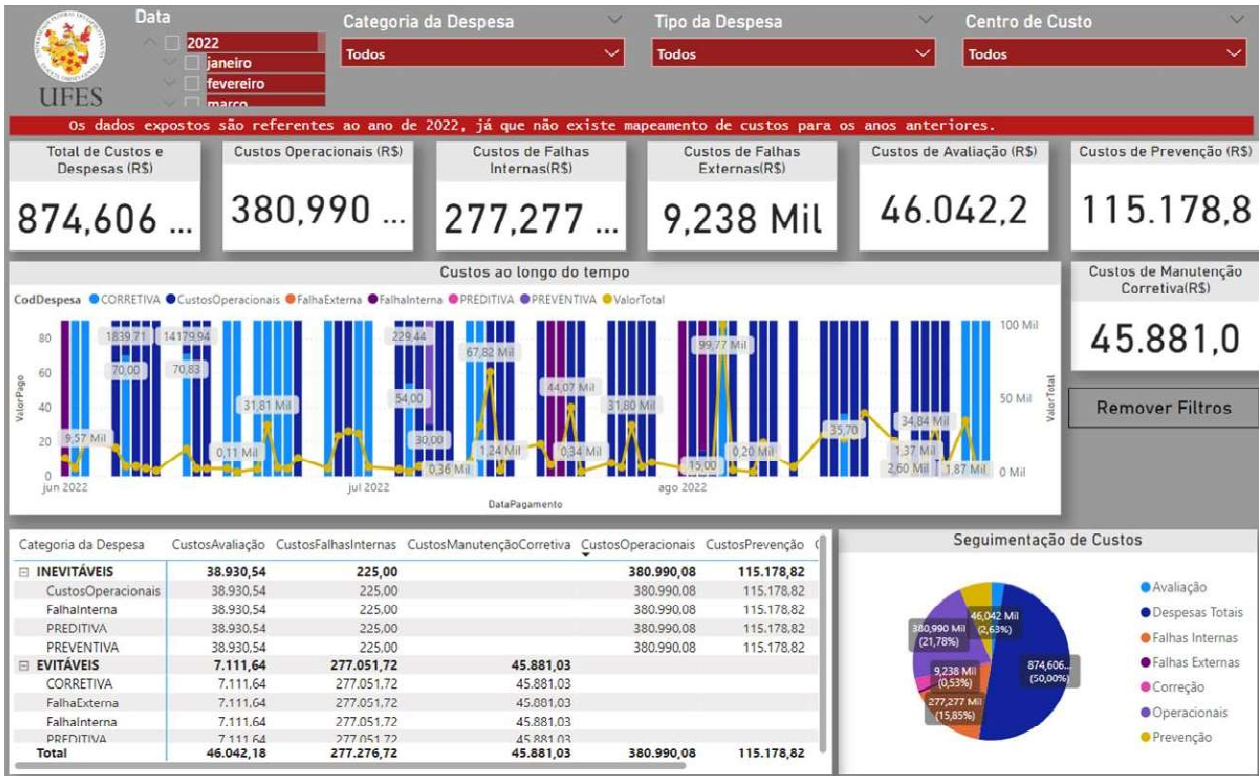


Figura 7. Sistematização dos custos.

Tabela 2. Indicadores Financeiros.

Indicadores	Equações	Valores (%)
Margem de lucro bruto	$(\text{receita total} - \text{total de custos e despesas}) / (\text{receita total}) * 100$	75,78
Custos operacionais	$(\text{custos operacionais}) / (\text{total de custos e despesas}) * 100$	43,55
Custos de falhas (internas e externas)	$(\text{custos de falhas internas} + \text{custos de falhas externas}) / (\text{total de custos e despesas}) * 100$	32,75
Custos de qualidade (avaliação + prevenção)	$(\text{custos de avaliação} + \text{custos de prevenção}) / (\text{total de custos e despesas}) * 100$	18,42
Custos de manutenção corretiva	$(\text{custos de manutenção corretiva}) / (\text{total de custos e despesas}) * 100$	5,24

Analisando a Figura 7, percebe-se que os custos totais relacionados à manutenção podem ser segmentados em: custos operacionais, custos de falhas internas, custos de falhas externas, custos de avaliação, custos de prevenção e custos de manutenção corretiva. Ao analisar a sistematização de custo do ano de 2022, percebe-se que o total de custos e despesas foi de R\$ 874.606,43. Desse total, as despesas com os custos operacionais foram de R\$ 380.990,08 (43,56%), custos de falhas internas foi de R\$ 277.276,72 (31,70%), custos de falhas externas foi de R\$9.237,60 (1,05%), custos de avaliação foi de R\$ 46.042,18 (5,26%), custos de prevenção foi de R\$115.178,82 (13,16%), custos de manutenção corretiva foi de 45.881,03 (5,24%).

Por meio das análises é possível verificar uma margem de lucro bruto de 75,78%, indicando que a empresa mantém uma parcela significativa da receita como lucro bruto após cobrir todos os custos e despesas. A alta proporção de custos operacionais sugere que quase metade dos custos e despesas totais estão relacionados diretamente às operações, o que é típico em empresas do setor de manutenção.

A alta proporção de custos de falhas internas e externas, representando 32,75% das despesas totais, evidencia um impacto significativo das não conformidades na estrutura financeira da empresa. Estudos como o de Rashid (2016), que analisam a relação entre custos da qualidade e eficiência operacional, demonstram que empresas que investem em medidas preventivas conseguem reduzir significativamente

os custos associados a falhas. Em um cenário simulado, uma redução de 10% nos custos de falhas internas e externas poderia resultar em uma economia de aproximadamente 3,28% dos custos totais da empresa, aumentando diretamente a margem de lucro operacional.

Por outro lado, os custos com avaliação e prevenção somam 18,42% das despesas totais, representando um investimento relevante, mas ainda inferior aos custos de falhas. Comparativamente, no estudo conduzido por Chuntanov (2017), organizações que aumentaram seus investimentos em prevenção em 5% a 10% registraram reduções de até 25% nos custos de falhas, resultando em um impacto positivo na rentabilidade. Dessa forma, um acréscimo proporcional no orçamento destinado à qualidade poderia gerar benefícios financeiros consideráveis para a empresa analisada.

Por fim, os custos de manutenção corretiva, que representam 5,24% do total de despesas, indicam que ainda há margem para melhorias no planejamento de manutenção preventiva. Modelos preditivos, como os utilizados em setores de alta confiabilidade operacional, sugerem que um aumento de 15% nos investimentos em manutenção preventiva pode reduzir os custos corretivos em até 30%, resultando em uma economia líquida expressiva.

Em conclusão, os dados analisados demonstram que a adoção de estratégias baseadas em BI possibilita uma compreensão aprofundada dos indicadores financeiros e a identificação de medidas para a redução de custos e o aumento da eficiência operacional. Comparando-se com estudos citados acima, é evidente que um maior foco em prevenção e qualidade pode proporcionar reduções expressivas em custos de falhas, tornando a empresa mais competitiva.

Salienta-se, ainda, que todas as figuras e percentuais apresentados nesta pesquisa foram analisados e modelados com base em dados reais e simulações fundamentadas, garantindo que as conclusões obtidas sobre eficiência operacional e gestão de custos sejam sustentadas por uma base empírica sólida.

6 Considerações finais

A implementação de técnicas que auxiliem na análise e gestão de custos possuem grande potencial em qualquer empresa. A adoção de um olhar mais analítico sobre os custos da qualidade revelou-se crucial para impulsionar melhorias contínuas no processo. Ao compreender melhor a distribuição e as tendências dos custos operacionais e de manutenção, a empresa pôde identificar oportunidades para otimizar recursos, reduzir desperdícios e implementar práticas mais eficientes. As principais conclusões foram:

- a) A análise visual facilitada pelos gráficos interativos e pelos indicadores ajudou os gestores e equipes técnicas a identificar rapidamente áreas de melhoria e a tomar decisões baseadas em dados precisos e atualizados;
- b) Por meio das análises a empresa conseguiu melhorar a eficiência operacional, reduzir o tempo de inatividade e antecipar problemas potenciais antes que se tornassem críticos;
- c) A análise detalhada dos custos de qualidade permitiu uma avaliação mais precisa do retorno sobre o investimento em manutenção preventiva versus corretiva, incentivando a adoção de estratégias que prolonguem a vida útil dos equipamentos e reduzam a necessidade de reparos emergenciais;
- d) Por último, o projeto não apenas aprimorou a gestão de custos, mas também promoveu uma cultura de melhoria contínua e inovação, essencial para a competitividade e sustentabilidade da empresa no setor petrolífero.

Referências bibliográficas

Ahmed Al-Dujaili, MA (2013) ‘Study of the relation between types of the quality costs and its impact on productivity and costs: a verification in manufacturing industries’, *Total Quality Management & Business Excellence*, vol. 24, n. 3–4, pp. 397–419. doi: 10.1080/14783363.2012.669552.

Akhmatova, MS, Deniskina, A, Akhmatova, DM and Prykina, L (2022) ‘Integrating quality management systems (TQM) in the digital age of intelligent transportation systems industry 4.0’, *Transportation Research Procedia*, vol. 63, pp. 1512–1520. doi: 10.1016/j.trpro.2022.06.163.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2024) ‘Boletim da produção de petróleo e gás natural’. [online] Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins-anp/boletins/boletim-mensal-da-producao-de-petroleo-e-gas-natural>

- Antunes, AL, Cardoso, E e Barateiro, J (2022) ‘Incorporation of ontologies in data warehouse/business intelligence systems: A systematic literature review’, *International Journal of Information Management Data Insights*, vol. 2, n. 2, p. 100131. doi: 10.1016/j.jjime.2022.100131.
- Bahria, N, Chelbi, A, Bouchriha, H e Dridi, IH (2019) ‘Integrated production, statistical process control, and maintenance policy for unreliable manufacturing systems’, *International Journal of Production Research*, vol. 57, n. 8, pp. 2548–2570. doi: 10.1080/00207543.2018.1530472.
- Bannor, RK, Oppong-Kyeremeh, H, Boateng, AO, Kyire, SKC, Bold, E and Nimo, MA (2024) ‘Total quality management practices among women shea processors: Implication for job performance and household expenditure’, *Cleaner and Circular Bioeconomy*, Elsevier, vol. 9, p. 100118. doi: 10.1016/J.CLCB.2024.100118.
- Bellizzi, MG, Eboli, L and Mazzulla, G (2020) ‘Air Transport Service Quality Factors: a Systematic Literature Review’, *Transportation Research Procedia*, Elsevier, vol. 45, p. 218–225. doi: 10.1016/J.TRPRO.2020.03.010.
- Bohlin, M and Wärrja, M (2015) ‘Maintenance optimization with duration-dependent costs’, *Annals of Operations Research*, Kluwer Academic Publishers, vol. 224, n. 1, p. 1–23. doi: 10.1007/S10479-012-1179-1/FIGURES/6.
- Burton, B, Geisshecker, L, Schlegel, K, Hostmann, B, Austin, T, Herschel, G, Soejarto, A (2006) ‘Business Intelligence Focus Shifts From Tactical to Strategic’, Retrieved from Gartner Database.
- Burton, RK, Oppong-Kyeremeh, H, Boateng, AO, Kyire, SKC, Bold, E and Nimo, MA (2024) ‘Total quality management practices among women shea processors: Implication for job performance and household expenditure’, *Cleaner and Circular Bioeconomy*, Elsevier, vol. 9, p. 100118. doi: 10.1016/J.CLCB.2024.100118.
- Caiza, G, Garcia, CA, Naranjo, JE and Garcia, MV (2020) ‘Flexible robotic teleoperation architecture for intelligent oil fields’, *Heliyon*, Elsevier, vol. 6, n. 4, p. e03833. doi: 10.1016/J.HELIYON.2020.E03833.
- Chuntonov, K, Ivanov, AO, Verbitsky, B, Kozhevnikov, VL, Chuntonov, K, Ivanov, AO, Verbitsky, B (2017) ‘Gas Purification and Quality Control of the End Gas Product’, *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*, Scientific Research Publishing, vol. 5, p. 44–58. doi: 10.4236/MSCE.2017.58005.
- Dimitriou, DJ, Sartzetaki, MF and Karagkouni, AG (2024) ‘Corporate Sustainability Governance in the Era of Sustainable Development’, *Managing Airport Corporate Performance*, Elsevier, p. 29–45. doi: 10.1016/B978-0-443-29109-8.00007-4.
- EPS (2024) ‘A Importância e os tipos de manutenção para plataformas de petróleo’. Disponível em: <https://www.eps.eng.br/blog/a-importancia-e-os-tipos-de-manutencao-para-plataformas-de-petroleo>.
- EQS Engenharia (2024) ‘Desafios da Manutenção em Ambientes Offshore’. Disponível em: <https://eqsengenharia.com.br/desafios-da-manutencao-em-ambientes-offshore/>.
- Feng, X, Richards, G and Raheemi, B (2009) ‘The road to decision-centric business intelligence’, *International Conference on Business Intelligence and Financial Engineering*, p. 514–518. doi: 10.1109/BIFE.2009.122.
- Fernández Pérez, MA, Oliveira, F and Hamacher, S (2018) ‘Optimizing Workover Rig Fleet Sizing and Scheduling Using Deterministic and Stochastic Programming Models’, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, American Chemical Society, vol. 57, n. 22, p. 7544–7554. doi: 10.1021/acs.iecr.7b04500.
- Fernandes, LJ, Relvas, S, Barbosa-Póvoa, AP (2015) ‘Downstream Petroleum Supply Chain Planning under Uncertainty’, *Computer Aided Chemical Engineering*, Elsevier, vol. 37, p. 1889–1894. doi: 10.1016/B978-0-444-63576-1.50009-1.
- Gardas, BB, Raut, RD, Narkhede, B (2019) ‘Determinants of sustainable supply chain management: A case study from the oil and gas supply chain’, *Sustainable Production and Consumption*, vol. 17, p. 241–253. doi: 10.1016/j.spc.2018.11.005.
- Harode, A, Ensafi, M and Thabet, W (2022) ‘Linking BIM to Power BI and HoloLens 2 to Support Facility Management: A Case Study Approach’, *Buildings*, vol. 12, n. 6, p. 852. doi: 10.3390/BUILDINGS12060852.

- Hazbeh, O, Aghdam, SK, Ghorbani, H, Mohamadian, N, Ahmadi Alvar, M and Moghadasi, J (2021) ‘Comparison of accuracy and computational performance between the machine learning algorithms for rate of penetration in directional drilling well’, *Petroleum Research*, Elsevier, vol. 6, n. 3, p. 271–282. doi: 10.1016/J.PTLRS.2021.02.004.
- Hmoud, H, Al-Adwan, AS, Horani, O, Yaseen, H and Zoubi, JZ (2023) ‘Factors influencing business intelligence adoption by higher education institutions’, *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, Elsevier, vol. 9, n. 3, p. 100111. doi: 10.1016/J.JOITMC.2023.100111.
- IBP - Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (2024) ‘Saiba como funciona a logística de transporte dos funcionários para plataformas’, *Além Da Superfície*. Disponível em: <https://alemdasuperficie.org/setor/saiba-como-funciona-a-logistica-de-transporte-dos-funcionarios-para-plataformas/>
- ISO - International Organization for Standardization (2020) *ISO/TS 29001:2020 - Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Sector-specific quality management systems — Requirements for product and service supply organizations*. Geneva: ISO.
- Jung, JY and Wang, YJ (2006) ‘Relationship between total quality management (TQM) and continuous improvement of international project management (CIIPM)’, *Technovation*, Elsevier, vol. 26, n. 5–6, p. 716–722. doi: 10.1016/J.TECHNOVATION.2006.01.003.
- Juran, JM and Gryna, FM (1992) *Juran's Quality Control Handbook*. 4th edn. New York: McGraw-Hill.
- Kazeli, H (2014) ‘Cloud Business Intelligence’, *Lecture Notes in Business Information Processing*, Springer, Cham, vol. 183, p. 307–317. doi: 10.1007/978-3-319-11460-6_26.
- Kunz, G (2022) ‘Optimal Preventive Maintenance Frequency in Redundant Systems’, *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, Springer, Cham, p. 69–80. doi: 10.1007/978-3-030-79168-1_7.
- Levorato, M, Sotelo, D, Figueiredo, R and Frota, Y (2023) ‘Robust permutation flow shop total weighted completion time problem: Solution and application to the oil and gas industry’, *Computers & Operations Research*, Pergamon, vol. 151, p. 106117. doi: 10.1016/J.COR.2022.106117.
- Loureiro, T (2024) *Produção Offshore No Brasil: Construindo Novos Caminhos*. Disponível em: <https://www.presalpetroleo.gov.br/wp-content/uploads/2024/06/Producao-offshore-no-Brasil-Construindo-novos-caminhos.pdf>
- Mantegazini, DZ, Nascimento, A, Dornelas, VF and Mathias, MH (2024) ‘Analysis and Multi-Objective Optimization of the Rate of Penetration and Mechanical Specific Energy: A Case Study Applied to a Carbonate Hard Rock Reservoir Based on a Drill Rate Test Using Play-Back Methodology’, *Applied Sciences*, vol. 14, n. 6, p. 2234. doi: 10.3390/APP14062234.
- Mantegazini, DZ, Nascimento, A, Mathias, MH, Romero Guzman, OJ, Reich, M (2025) ‘Optimization of Rate of Penetration and Mechanical Specific Energy Using Response Surface Methodology and Multi-Objective Optimization’, *Applied Sciences*, vol. 15, p. 1390. doi: 10.3390/app15031390.
- Nicknezhad, J, Zegordi, SH (2024) ‘Petroleum supply chain dynamic risk assessment using Bayesian network’, *Computers & Chemical Engineering*, vol. 189, p. 108771. doi: 10.1016/j.compchemeng.2024.108771.
- Nyanga, C, Pansiri, J and Chatibura, D (2020) ‘Enhancing competitiveness in the tourism industry through the use of business intelligence: a literature review’, *Journal of Tourism Futures*, Emerald Group Holdings Ltd., vol. 6, n. 2, p. 139–151. doi: 10.1108/JTF-11-2018-0069.
- OCI - Oracle Cloud Infrastructure (2024) ‘O que é um Data Warehouse?’. Disponível em: <https://www.oracle.com/br/database/what-is-a-data-warehouse/>.
- Olugu, EU, Wong, KY, Chung, JY, Mammedov, YD, Udoncy Olugu, E, Yew Wong, K, Yong, J (2022) ‘Incorporating Sustainability and Maintenance for Performance Assessment of Offshore Oil and Gas Platforms: A Perspective’, *Sustainability*, vol. 14, n. 2, p. 807. doi: 10.3390/SU14020807.
- Othman, I, Ghani, SIM and Choon, SW (2020) ‘The Total Quality Management (TQM) journey of Malaysian building contractors’, *Ain Shams Engineering Journal*, Elsevier, vol. 11, n. 3, p. 697–704. doi: 10.1016/J.ASEJ.2019.11.002.

- Pinto, GL, Vitorugo, LR, Rosa, RA, Arpini, BP and Caprini, LA (2018) ‘Planning the transport of loads to oil platforms considering the arrangement of the loads on the ship’s deck’, *Computers & Industrial Engineering*, Pergamon, vol. 119, p. 289–300. doi: 10.1016/J.CIE.2018.03.013.
- Ramzey, H, Badawy, M and Elbaset, AA (2024) ‘Crude oil industry remote monitoring and management based on Industrial Internet of things and edge computing integration: A comprehensive survey’, *Results in Engineering*, Elsevier, vol. 24, p. 103034. doi: 10.1016/J.RINENG.2024.103034.
- Rashid, F, Taibb, CA, Rashid, F and Taibb, CA (2016) ‘Total Quality Management (TQM) Adoption in Bangladesh Ready-Made Garments (RMG) Industry: A Conceptual Model’, *American Journal of Industrial and Business Management*, Scientific Research Publishing, vol. 6, p. 1085–1101. doi: 10.4236/AJIBM.2016.611102.
- Tirno, RR (2024) ‘Effect of business intelligence on organizational competitiveness - exploring the mediation of technology anxiety’, *Computers in Human Behavior Reports*, Elsevier, vol. 16, p. 100536. doi: 10.1016/J.CHBR.2024.100536.
- Viveros, P, Pantoja, NC, Kristjanpoller, F and Mena, R (2022) ‘Reportability Tool Design: Assessing Grouping Schemes for Strategic Decision Making in Maintenance Planning from a Stochastic Perspective’, *Applied Sciences*, vol. 12, n. 11, p. 5386. doi: 10.3390/APP12115386.
- Zhou, D, Yu, Y, Wang, J and Li, Z (2020) ‘Design and validation of a fast wireless low-frequency vibration inspection system for offshore platform structures’, *Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control*, SAGE Publications Inc., vol. 39, n. 3, p. 720–728. doi: 10.1177/1461348419841252/ASSET/IMAGES/LARGE/10.1177_1461348419841252-FIG9.JPEG.