



ELIVAN DOS SANTOS MOURA

APLICAÇÃO DO BRAINSTORMING, DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO, MATRIZ GUT E 5W2H PARA OTIMIZAR A GESTÃO DE MANUTENÇÃO EM UMA UNIDADE DE UMA EMPRESA DE ÓLEO E GÁS: UM ESTUDO DE CASO PARA ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA.

ELIVAN DOS SANTOS MOURA

**APLICAÇÃO DO BRAINSTORMING, DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO, MATRIZ
GUT E 5W2H PARA OTIMIZAR A GESTÃO DE MANUTENÇÃO EM UMA
UNIDADE DE UMA EMPRESA DE ÓLEO E GÁS: UM ESTUDO DE CASO PARA
ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIAS.**

Artigo apresentado ao curso de Engenharia Mecânica da Universidade Católica do Salvador, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Esp. Xerxes Magalhães Carvalho

APLICAÇÃO DO BRAINSTORMING, DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO, MATRIZ GUT E 5W2H PARA OTIMIZAR A GESTÃO DE MANUTENÇÃO EM UMA UNIDADE DE UMA EMPRESA DE ÓLEO E GÁS: UM ESTUDO DE CASO PARA ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIAS.

Elivan dos Santos Moura^{1*}

Xerxes Magalhães Carvalho^{2**}

RESUMO

Um eficiente planejamento de manutenção garante que todo o processo ocorra de forma desejada, o que significa garantir a obtenção de bons resultados, minimização de custos, e aumento da disponibilidade e confiabilidade de processos produtivos. Foi realizado um estudo de caso em uma unidade de compressão de gás natural, localizado na Bahia, com o objetivo de identificar as causas que estão impactando o atraso nas entregas de manutenção preventiva desta unidade e propor sugestões de melhorias para as causas identificadas. Através de pesquisa exploratória, por meio de observações, percepções, aplicação de entrevistas em campo, e aliado a utilização de referencial bibliográfico, foi possível obter dados essenciais para a realização do presente estudo. Como proposta de melhorias, foi realizado um plano de ação para cada uma das causas identificadas, com o intuito de sugerir ações que irão contribuir para solucionar o problema inicial.

Palavras-chave: manutenção; petróleo e gás; estação de compressão; ferramentas da qualidade.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o setor industrial de óleo e gás está repleto de desafios no que diz respeito ao desempenho e performance das máquinas e equipamentos que as compõem. Com a competitividade, o aperfeiçoamento contínuo é fundamental para aumentar a produtividade com a utilização de menos recursos, redução de custos e sem perder a qualidade e eficiência nos processos (GUIMARÃES, 2019).

* Graduando do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Católica do Salvador (UCSAL). E-mail: elivan.moura@ucsal.edu.br.

** Professor orientador. Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Bahia (UFBA); Especialista em MBA em Gestão da Manutenção pelo Senai Cimatec; Docente do curso superior de Engenharia Mecânica da UCSAL. E-mail: xerxes.magalhaes@pro.ucsal.br

Para Queiroz (2015) a manutenção “é hoje uma função estratégica no ambiente industrial, quando sendo uma atividade bem elaborada, garante a disponibilidade e produtividade dos equipamentos e instalações”.

As companhias têm percebido a extrema importância da manutenção para assegurar a disponibilidade e desempenho de equipamentos, instalações e processos. Em decorrência disso, é fundamental a elaboração de um bom planejamento de manutenção que seja capaz de atender as expectativas dos clientes e proporcionar confiabilidade e disponibilidade aos equipamentos (ALMEIDA, 2016).

De acordo com Torres (2019) se faz extremamente importante a implementação de uma sólida Gestão de Manutenção nas empresas, porque é ela que permite o funcionamento regular dos recursos técnicos como pessoal capacitado e ferramentas apropriadas, garantindo que os equipamentos não venham a ter falhas, quebras e interrupções não programadas durante as operações.

Almeida (2016) afirma que “a manutenção tem uma significativa importância na indústria do petróleo, um setor de destaque na economia brasileira e mundial, principalmente por envolver volumes significativos de capitais”.

Ainda de acordo com Almeida (2016), ultimamente têm-se buscado garantir a disponibilidade e conservação dos equipamentos, proporcionando a continuidade do processo. As intervenções para manutenção corretiva devem ser evitadas ao máximo e ser dada preferência as manutenções planejadas, evitando assim, gastos desnecessários com pessoal, parada de máquina e perda de produção.

Na indústria de petróleo e gás, a saída de operação de unidades de processo devido às paradas programadas de manutenção preventiva, impacta negativamente o resultado econômico do negócio. Desta forma, é extremamente importante que as paradas para manutenção sejam realizadas dentro prazo inicialmente estipulado em planejamento, além de garantir uma ótima execução para que retrabalhos sejam evitados (MEIRA, 2008).

Porém nem sempre as companhias praticam os seus planos de manutenção à risca, tendo muitas das vezes um planejamento bem realizado, mas deixando a desejar na

execução das tarefas, resultando no atraso da entrega e comprometendo todo o planejamento (TORRES, 2019).

Em uma indústria de produção de petróleo e gás natural é fundamental garantir a operação de forma confiável a fim de se extrair o máximo do processo produtivo e conseqüentemente potencializar a lucratividade. Deste modo, um eficiente plano de manutenção, assim como a ótima execução deste plano com atividades bem realizadas e entregues dentro do prazo estabelecido para as paradas de manutenção, irá conceder confiabilidade e disponibilidade que irá influenciar diretamente no fator de utilização dos equipamentos. Assim, este trabalho se justifica com a finalidade de otimizar a gestão de manutenção da unidade da empresa estudada e conseqüentemente ajudar a mitigar problemas que estão impactando negativamente no processo produtivo.

A gestão das manutenções preventivas da unidade estudada não tem apresentado significativa eficiência e vem deixando a desejar no atendimento das metas e aos objetivos que são esperados. Com isso, problemas como prejuízo ao processo operacional, custos adicionais com horas extras e insatisfação dos colaboradores vem acontecendo com frequência. Diante deste contexto, é possível identificar as causas que estão impedindo em realizar a entrega das paradas de manutenção dentro do prazo estipulado em contrato?

Este trabalho tem como objetivo identificar as causas que estão impactando o atraso nas entregas das paradas de manutenção preventiva em uma estação de compressão de gás natural.

Os objetivos específicos do trabalho são: a) identificar os principais problemas ocorridos no processo de manutenção da unidade estudada; b) utilizar ferramentas da qualidade para ajudar a solucionar os problemas mais críticos; c) apresentar propostas de melhorias para otimizar o processo de manutenção.

A abordagem de pesquisa que será utilizada é o método qualitativo juntamente com a pesquisa exploratória, que se apoiará na forma de percepções, análises e a pesquisa de campo. Em seguida serão analisados e interpretados os dados e posteriormente relacioná-los com a fundamentação teórica buscando responder de forma clara e objetiva a questão problema inicial. As fontes primárias de pesquisa

foram artigos que foram publicados em bases de dados específicas, tais como, google acadêmico e Scielo, porém foram utilizadas outras fontes secundárias que auxiliaram na construção do referencial teórico para a pesquisa. Inicialmente foram pesquisados 21 artigos, porém 8 foram descartados devido ao conteúdo não satisfazer diretamente o objetivo deste estudo. A faixa de pesquisa correspondeu aos últimos 13 anos.

2 FUNDAMENTAÇÃO

2.1 A INDÚSTRIA DE ÓLEO E GÁS

A indústria de óleo e gás natural é caracterizada como um tipo de indústria que possui infraestrutura para realizar atividades de produção, coleta, processamento e refino, com principal intuito de entregar produtos derivados de gás natural e de petróleo para o mercado consumidor (ALMEIDA, 2016).

De acordo com a PricewaterhouseCoopers Brasil Ltda. (PCW) (2020), a indústria brasileira de petróleo e gás está passando por um momento de grande evolução. Com uma infraestrutura bastante significativa para as atividades de exploração e produção, o país tem se destacado na produção mundial em águas profundas e ultra profundas com um volume significativo de óleo e gás produzidos.

Ainda conforme dito pela PCW (2020), “a Agência Nacional de Petróleo (ANP) é o órgão regulador das atividades que integram as indústrias de petróleo, gás natural e biocombustíveis no Brasil”.

O Ministério De Ciência, Tecnologia e Inovação do Brasil (MCTI) classifica as atividades da indústria de petróleo e gás natural em três categorias principais:

- a) Produção de óleo e gás natural: engloba a extração de petróleo e gás natural de formações subterrâneas, utilizando poços onshore e offshore. O petróleo e o gás natural são gerados pelo mesmo processo geológico, a decomposição anaeróbica da matéria orgânica em profundidades sob a superfície da Terra.
- b) Refino de petróleo e processamento de gás natural: o petróleo é processado nas refinarias, sendo então decomposto em uma variedade de produtos de energéticos (como gasolina, diesel e querosene) e não energéticos. Durante as atividades de refino é envolvido processos que

vão desde a separação até a transformação, além de estocagem de frações básicas do petróleo e de produtos finais. Em relação ao gás natural, este recebe um tratamento primário ainda na etapa de produção, com o objetivo de retirar partículas corrosivas e contaminantes que podem prejudicar o seu processamento e só então é permitida a sua transferência dos campos de produção para as Unidades de Processamento de Gás Natural (UPGN's), por meio de gasodutos, de forma segura e contínua. Nestas unidades, separa-se o gás da fase líquida, é realizada a desidratação, que consiste em retirar a água ainda presente após o condicionamento inicial, realiza-se o resfriamento e fraciona-se o mesmo em produtos específicos para a distribuição ao mercado consumidor final.

- c) Transporte de óleo e gás natural: Engloba o transporte de petróleo e gás natural das instalações produtoras até as refinarias e UPGNs, assim como o transporte de produtos refinados até os terminais de distribuição. O petróleo produzido é transportado através de navios quando a produção é offshore e dutos para as refinarias quando a produção é onshore, onde é estocado em tanques por um determinado período de tempo, enquanto o gás natural produzido é transportado para as UPGNs exclusivamente através de dutos e posteriormente distribuídos para empresas que conduzem esse gás até consumidores finais. Este transporte é realizado por gasodutos de alta pressão com o escoamento realizado na fase gasosa e com o apoio de estações de compressão que concedem pressão e vazão a esse fluido.

2.2 ESTAÇÕES DE COMPRESSÃO DE GÁS NATURAL

Para que o transporte de gás natural aconteça, é preciso que haja alta pressurização do gás para se obter vazão através de gasodutos. Este trabalho é realizado pelas estações de compressão que utilizam moto-compressores para conceder pressão ao fluido. (GONCALVES; NOVA; VASCONCELOS, 2011)

Além de comprimir gás natural, as estações de compressão geralmente possuem também algum tipo de sistema de separação de líquido. Geralmente, estes separadores são formados por filtros que capturam partículas líquidas que são prejudiciais ao sistema de compressão. É comum que uma certa quantidade de água e hidrocarbonetos se condensem nas tubulações durante o transporte. Os

separadores de líquidos nas estações de compressão também são muito conhecidos como Scrubers e garantem que o gás natural seja o mais puro possível antes de adentrar o compressor, realizando a filtragem mesmo antes da compressão. (MEDEIROS, 2007)

2.3 MÉTODO GÁS LIFT

Quando poços de produção de petróleo não contem vazão para promover uma produção em grande escala, os métodos de elevação artificial de petróleo são utilizados com o objetivo de auxiliar o petróleo a vencer as perdas de carga durante o escoamento até a superfície, e conseqüentemente há um significativo aumento de vazão de produção. (SIMONELLI; DOS SANTOS, 2015)

Entre os diferentes métodos de elevação utilizados no Brasil, o responsável pela maior produção acumulada de óleo em campos maduros onshore é o gás-lift. Nesse método, o gás natural é injetado continuamente em uma determinada profundidade da coluna de produção reduzindo a densidade e a pressão requerida no fundo do poço, reduzindo a densidade do óleo e conseqüentemente facilitando a elevação até os tanques de produção. (SIMONELLI; DOS SANTOS, 2015).

2.4 MOTOR WAUKESHAL7042 GSI

Os motores L7042 da Waukesh possuem importante função no âmbito industrial e tem alimentado a infraestrutura de energia em diversos países ao redor do mundo, contribuindo para o acionamento de compressores em operações de coleta, processamento e compressão de gás natural. (CALROC INDUSTRIES, 2021)

Os Waukeshas L7042 GSI são motores à combustão interna muito utilizados para acionar compressores em estações de compressão de gás natural e é composto por 12 cilindros em V, 1.478 BHP de potência e opera com rotação máxima de 1200 RPM.

2.5 COMPRESSOR ARIEL JGK/4

Os compressores Ariel JGK/4 são projetados para serviços contínuos na indústria de petróleo e gás. Esses compressores alternativos apresentam uma ampla gama de cilindros, tornando-os a escolha da indústria para aplicações padronizadas e especializadas. (CALROC INDUSTRIES, 2021).

Esses compressores alternativos operam com rotação máxima de 1200 RPM e 650 BHP máximo de potência e possuem capacidade para operar até com 4 cilindros acoplados. (CALROC INDUSTRIES, 2021)

2.6 MANUTENÇÃO

De acordo com Torres (2019), “o termo manutenção, geralmente, é adotado quando se tenta evitar falhas e quebras em espaços de trabalho de uma organização”.

Manutenção também pode ser definida como um conjunto de tratativas e ações embasadas em manuais de fabricantes que contribuem para o funcionamento regular e duradouro das máquinas e equipamentos de uma instalação (SIMEI, 2012).

De acordo com Xenos (2004) a manutenção está ligada ao retorno de um equipamento às suas condições originais, ou seja, deve-se desenvolver a modificação das condições originais do equipamento através da introdução de peças genuínas orientado pelos fabricantes para evitar a ocorrência de falhas, reduzir custos e aumentar a produtividade.

2.7 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Levando em consideração um entendimento baseado na classificação realizada por Kardec e Nascif (2009) é possível observar as classificações de tipos de manutenção mais utilizados a seguir:

- a) Manutenção corretiva não planejada: é a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado logo após a sua ocorrência. É uma manutenção que não é desejada e nesse tipo de manutenção se observam condições de desempenho deficiente ou a ocorrência da falha da máquina ou equipamento;
- b) Manutenção corretiva planejada: é aquela realizada com desempenho menor que o esperado, porém com decisão que consta em planejamento. Esse tipo de manutenção tem custo reduzido, e é feita de forma mais rápida e segura do que a realização de uma manutenção não planejada;
- c) Manutenção preventiva: realizada de forma a reduzir ou evitar a falha do equipamento, esse tipo de manutenção é feito em intervalos definidos com programação previamente realizada pela equipe de planejamento de manutenção:

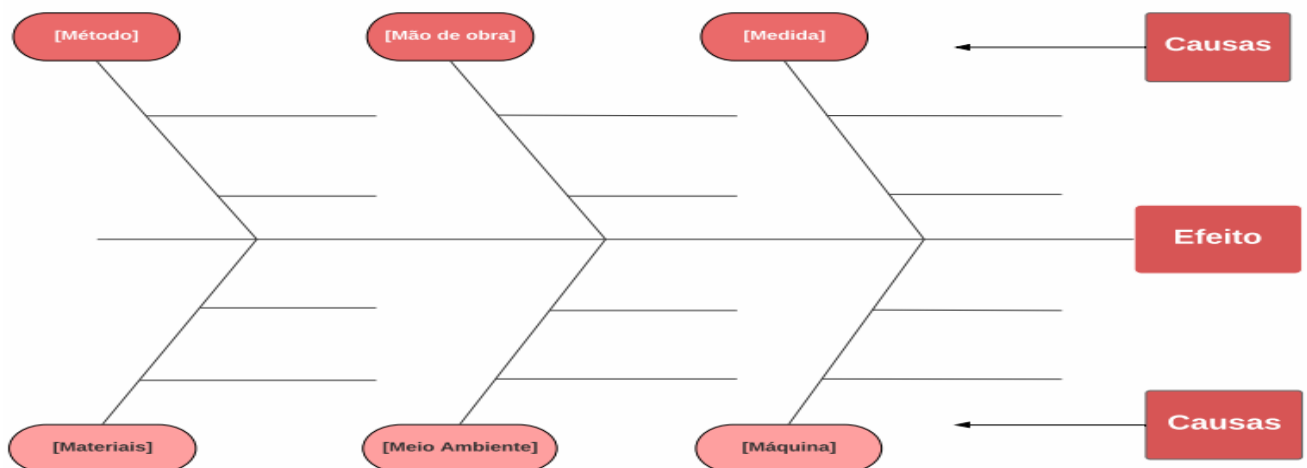
d) Manutenção preditiva: realizada com base em análise dos dados obtidos durante as inspeções operacionais, predizendo a evolução das condições dos equipamentos e as falhas inerentes ao processo. Consiste na realizações de medições ou inspeções com ferramentas especializadas que não interfiram na operação do sistema e prejudique a produtividade;

2.8 FERRAMENTAS E MÉTODOS DA GESTÃO DE MANUTENÇÃO

2.8.2 Diagrama de Ishikawa

Essa ferramenta, também conhecida como diagrama de Ishikawa, espinha de peixe ou diagrama de causa e efeito, mostra relações entre as causas potenciais e o problema estudado. A ideia é levantar as causas potenciais que contribuem para o problema que está sendo abordado, facilitando o entendimento sobre a cadeia do problema, contribuindo assim para o desenvolvimento de medidas corretivas através de outras ferramentas. Trata-se de representação gráfica de relacionamento entre um efeito e sua causa e é bastante utilizado quando se necessita identificar e explorar as causas possíveis de um problema, bem como classificá-los por categorias (ARAÚJO, 2006).

Figura 2 – Exemplo de diagrama de causa e efeito com a utilização dos 6M's



Fonte: Autor (2021)

2.8.3 Matriz GUT

De acordo com Helmann (2008), matriz GUT é uma ferramenta de qualidade que primordialmente foi criada para buscar estabelecer a prioridade no tratamento de problemas e que também é muito utilizado para determinação da criticidade de

equipamentos em um processo produtivo operacional. A sigla GUT tem o significado conforme abaixo:

- a) Gravidade: representa um fator que está relacionado aos efeitos possíveis de surgirem no médio e/ou longo prazo no caso da ocorrência de uma falha e o impacto que essa falha tem sobre coisas, pessoas e resultados.
- b) Urgência: Diz respeito ao tempo disponível para solução de um problema.
- c) Tendência: Diz respeito à possibilidade de um problema se agravar ou diminuir ao longo do tempo.

Figura 3 – Exemplo da estrutura de uma Matriz GUT

Problemas	G	U	T	GUT
	Gravidade	Urgência	Tendência	
Gerenciamento dos Processos				
Atualização de Sistema				
Aperfeiçoar Infraestrutura				
Interface com o Cliente				
Vendas de Serviços				
Redução de Custos Operacionais				

Fonte: Pestana; Veras; Ferreira; Silva (2017)

O método ainda consiste em estabelecer uma faixa de valores. Geralmente está faixa é composta por números naturais de 1 a 5, onde o valor 5 representa maior intensidade. Em seguida, levantados os principais fatores que se pretende analisar por esses critérios, atribui-se valores para cada uma das dimensões, que é gravidade, urgência e tendência. Após completar a tabela, é realizado o produto dos valores atribuídos nas três colunas da matriz, para cada um dos problemas analisados. Por fim, é ordenado os fatores do maior ao menor valor encontrado. Os resultados de maior valor significam que aquela causa ou problema deve ser priorizado, merecendo um tratamento imediato. (ALMEIDA, 2016)

Figura 4 – Fatores importantes na análise com Matriz GUT

Nota	Gravidade	Urgência	Tendência (se nada for feito...)
5	Extremamente grave	Precisa de ação imediata	... Irá piorar rapidamente
4	Muito grave	É urgente	... Irá piorar em pouco tempo
3	Grave	O mais rápido possível	... Irá piorar
2	Pouco grave	Pouco urgente	... Irá piorar a longo prazo
1	Sem gravidade	Pode esperar	... Não irá mudar

Fonte: Pestana; Veras; Ferreira; Silva (2017)

2.8.3 Brainstorming

Almeida (2016), diz que “o brainstorming, traduzido normalmente como “tempestade de ideias”, é um processo de grupo em que os indivíduos emitem ideias de forma livre, sem críticas, no menor espaço de tempo possível”.

Almeida (2016) ainda afirma que “normalmente, na etapa de levantamento de causas da ferramenta “diagrama de causa e efeito”, é utilizada a técnica de brainstorming”.

Essa ferramenta da qualidade é extremamente importante para as companhias, visto que a sua utilização busca por soluções em equipe que possibilitam uma ampliação de ideias e maneiras de se resolver um problema possibilitando a escolha de uma decisão mais coerente. Com a utilização do brainstorming, é possível aproveitar ideias e opiniões de colaboradores de diversas áreas de uma companhia, o que possibilita construir um plano de ação efetivo frente a um problema encontrado (GRANADO, 2020)

2.8.5 5W2H

De acordo com a Field Control (2019), o plano de ação 5W2H é uma ferramenta para simplificar o planejamento de atividades e geralmente é utilizada após uma identificação de itens que precisam de tratamentos específicos.

Plano de ação 5W2H pode também ser definido como uma ferramenta que permite definir com clareza um ou mais problemas que necessita de intervenção. É também utilizado quando necessita descrever de maneira completa as ações tomadas referente a um problema (MEIRA, 2003)

Field Control (2019), afirma “que como ferramenta de gestão da manutenção, permite ao usuário compreender de forma abrangente e rápida todos os problemas e etapas envolvidas”.

O plano de ação 5W2H recebe o nome das letras iniciais de cada uma das etapas que a compõem como exemplificado na figura abaixo (ALMEIDA, 2016):

Figura 5 – Exemplo de aplicação de plano de ação 5W2H

COLETA DE DADOS DOS EQUIPAMENTOS DE PROCESSO	
WHAT (O QUÊ)?	Realizar coleta de dados dos equipamentos de processo.
WHY (POR QUE)?	Monitorar variáveis e detectar possíveis anormalidades.
WHERE (ONDE) ?	Na planta de processos.
WHEN (QUANDO) ?	A partir do início da operação da planta.
WHO (QUEM) ?	Técnicos de operações.
HOW (COMO) ?	Utilizando instrumentos de medições.
HOW MUCH (QUANTO CUSTA)?	Custos com instalação de instrumentos de medições e técnicos capacitados para às atividades.

Fonte: Autor (2021)

3 MÉTODO

3.1. ESTUDO DE CASO

3.1.2 A companhia

A empresa estudada é uma multinacional que atua no ramo de compressão de gás natural e hoje é líder no segmento que atua em todo o mundo. No Brasil, a companhia atua em operações de compressão e processamento de gás natural. Toda a operação é realizada com estações de compressão e equipamento próprios, tendo motores a combustão interna e compressores alternativos como equipamentos principais que executam o processo.

O local de estudo se trata de uma estação de compressão de gás lift localizado no estado da Bahia, onde é realizado o processo operacional de compressão de gás natural para poços de petróleo, visando facilitar a elevação de óleo até os tanques e consequentemente aumentar a produtividade.

Esta estação de compressão possui duas unidades de motocompressores, que operam com um motor estacionário Waukesha 7042 GSI de 12 cilindros e 01 compressores Ariel modelo JGK4 com três cilindros e três estágios de compressão cada uma. A estação contribui diariamente para a produção de aproximadamente 50 m³ de petróleo, o que equivale a 314 barris.

A estação de compressão conta com um corpo técnico que executa atividades de operação, manutenção, serviços administrativos e liberação de serviços. Os colaboradores trabalham em regime de turno 12 x 12 horas. A unidade funciona em regime permanente sendo 24 horas por dia e 7 dias por semana e no total possui 05 técnicos, 01 supervisor de operações e 01 supervisor manutenção. Nos dias de parada para manutenção preventiva, em média 11 colaboradores participam do processo. O número de participações dos colaboradores depende do tipo da manutenção que é realizada.

3.1.4 Estrutura da manutenção preventiva da unidade

As manutenções das unidades de compressão (motor e compressor), são realizadas a cada 2.000 horas de trabalho, sendo que as manutenções são divididas em três tipos:

- a) Manutenção M01 – Manutenção mais simples que prioriza a inspeção de itens pré-estabelecidos em check list de atividades. Este tipo de manutenção necessita ser realizado em apenas um dia e por 12 horas de parada já pré-estabelecido em contrato com o cliente.
- b) Manutenção M02 – Manutenção mais robusta onde são realizadas atividades no motor e compressor, porém o foco maior é em atividades do compressor com todas tarefas realizadas conforme check list de atividades. Este tipo de manutenção necessita ser realizado em dois dias e cada dia necessita de 12 horas de parada, sendo obrigatório o equipamento voltar a operar após o fim das 12 horas de trabalho conforme contrato com cliente.
- c) Manutenção M03 – Manutenção robusta assim como o tipo de manutenção anterior, porém com maior foco em atividades do motor e com tarefas também contidas em check list específico. Este tipo de manutenção necessita ser realizado também em dois dias e cada dia necessita de 12 horas de parada, sendo obrigatório o equipamento voltar a operar após o fim das 12 horas de trabalho conforme contrato com cliente.

3.1.4 Brainstorming para definição de causa

Para que fossem levantadas as possíveis causas que estariam influenciando no atraso da entrega da manutenção preventiva dentro do prazo estabelecido, foi necessário realizar uma reunião entre pessoas que estão diretamente ligadas as atividades de manutenção, tais como, supervisor de operações, supervisores de manutenção, técnicos de operações e técnicos de manutenção, totalizando uma equipe de 11 pessoas.

Definiu-se que a reunião seria realizada como brainstorming e todos os colaboradores participantes poderiam opinar livremente as causas que estão implicando o problema. A técnica aplicada foi bastante eficaz e com duração de aproximadamente 40 minutos foi possível listar as causas a seguir com uma breve justificativa de cada uma:

- a) Números de técnicos insuficientes: Por diversas manutenções, principalmente as que demandam mais atividades, um número insuficiente de técnicos é convocado para participar das atividades, e isso acaba sobrecarregando os técnicos participantes com atividades extras, podendo contribuir para o atraso na entrega do equipamento para a operação.
- b) Atraso na chegada do supervisor de manutenção da estação: Foi observado que é recorrente o atraso na chegada do supervisor de manutenção nos dias de manutenção preventiva. Isso acaba atrasando o início das atividades, pois, é o mesmo quem as define para o corpo técnico realizarem.
- c) Baixo comprometimento dos técnicos na manutenção: Infelizmente há colaboradores insatisfeitos com a companhia, e com a divisão das atividades durante a manutenção que acabam sobrecarregando mais uns do que outros.
- d) Falta capacitação de alguns técnicos em atividades mais complexas: Atividades como, calibração de válvulas do motor e aferição de recessão das válvulas dos cabeçotes, são atividades extremamente técnicas e com utilização de instrumentos de precisão para serem

realizadas. Infelizmente nem todos os técnicos estão capacitados para estas atividades.

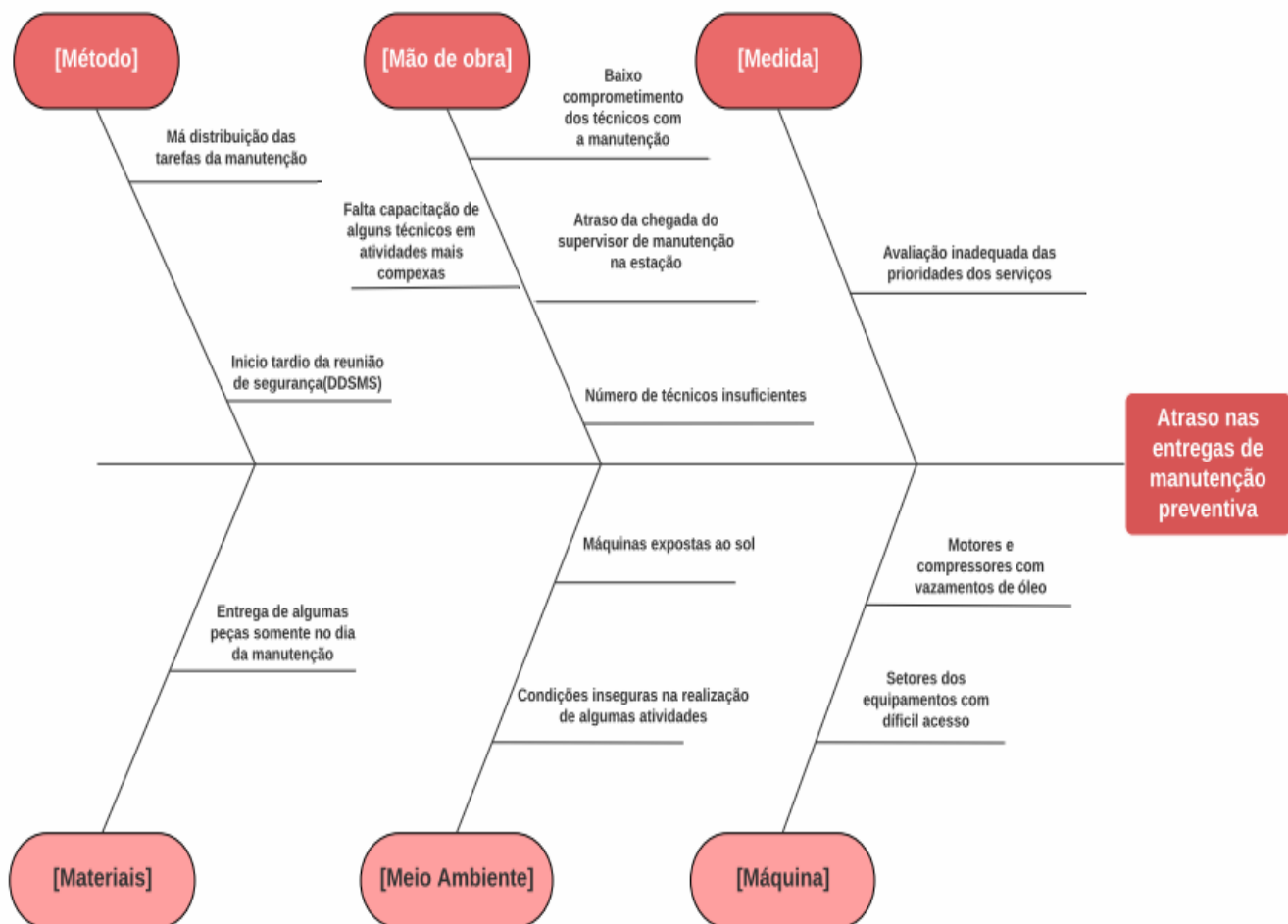
- e) Má distribuição das tarefas da manutenção: Atividades que podem ser realizadas por uma pessoa, por vezes são designadas para serem realizadas por dois colaboradores, resultando em alocação desnecessária de recursos.
- f) Início tardio da reunião de DDSMS: Com o atraso do corpo de supervisão na chegada ao dia da manutenção, há atraso também na reunião de segurança, comprometendo assim o início das atividades.
- g) Avaliação inadequada das prioridades dos serviços: Devido ao aproveitamento da parada do equipamento, há realizações de atividades que não constam no check list de manutenção preventiva. Por vezes as tarefas do check list não são priorizados.
- h) Entrega de algumas peças somente no dia da manutenção: Algumas peças solicitadas anteriormente que fazem parte do planejamento da manutenção, são entregues somente no dia da parada. Isso resulta em atrasos nas realizações de algumas atividades.
- i) Máquinas expostas ao tempo: Em dias chuvosos há necessidade de parada das atividades devido à forte chuva, onde o sistema de óleo não pode ficar exposto e ser contaminado, assim como em dias quentes, há desgaste físico dos colaboradores durante às atividades.
- j) Condições insegura na realização de algumas atividades: Há locais perigosos para se posicionar, principalmente em atividades nos compressores, pondo os colaboradores em riscos de lesões.
- l) Motores e compressores com vazamentos excessivos de óleo: Há necessidade de aproveitar a parada para manutenção preventiva e sanar vazamentos que são vistos durante a operação do equipamento. Isso acaba tomando tempo precioso das atividades de manutenção preventiva.

m) Setores do equipamento com difícil acesso: Há locais com deficiência de acesso para executar a manutenção e é preciso se apoiar em locais improvisados para realizar atividades.

3.1.5 Utilizando o Diagrama de Ishikawa (Causa e efeito):

Tendo realizado uma análise prévia e levantamento das causas pela ferramenta brainstorming, então foi possível a elaboração do diagrama de Ishikawa com a principal finalidade de relacionar as principais causas com o problema apresentado neste estudo. Foi utilizado a classificação dos 6 M, o que facilitou bastante propor medidas corretivas posteriormente com outras ferramentas.

Figura 6 – Diagrama de causa e efeito do problema do estudo de caso realizado



Fonte: Autor (2021)

3.1.6 Utilizando a Matriz GUT para priorizar as causas

Após os detalhamentos das causas realizado anteriormente, pôde-se utilizar os critérios de gravidade, urgência e tendência para ordenar as causas do problema de acordo com a prioridade estabelecida pela matriz GUT aplicada. A tabela a seguir apresenta o resultado desta aplicação.

Figura 7 – Matriz GUT

Problemas	G	U	T	GUT
	Gravidade	Urgência	Tendência	
Condições inseguras na execução de algumas atividades	5	5	4	100
Atraso na chegada do supervisor de manutenção na estação	4	5	4	80
Falta capacitação de alguns técnicos em atividades mais complexas	4	5	4	80
Má distribuição das tarefas da manutenção	5	4	4	80
Número de técnicos insuficientes	4	4	5	80
Entrega de algumas peças somente no dia da manutenção	4	5	4	80
Baixo comprometimento dos técnicos com a manutenção	5	5	3	75
Avaliação inadequada das prioridades dos serviços	4	4	4	64
Início tardio da reunião de segurança (DDSMS)	3	5	4	60
Máquinas expostas ao tempo	3	4	4	48
Motores e compressores com vazamentos de óleo	3	4	4	48
Setores dos equipamentos com difícil acesso	4	3	4	48

Fonte: Autor (2021)

Figura 8 – Fatores de análise da matriz GUT aplicada

Nota	Gravidade	Urgência	Tendência
5	Extremamente grave	Precisa de ação imediata	Irá piorar rapidamente
4	Muito grave	Urgente	irá piorar em pouco tempo
3	Grave	O mais rápido possível	Irá piorar
2	Pouco grave	Pouco urgente	Irá piorar a longo prazo
1	Sem gravidade	Pode esperar	Não irá mudar

Fonte: Autor (2021)

3.1.7 Soluções para as causas utilizando o plano de ação 5W2H

Na matriz GUT foram calculadas todas as causas, e posteriormente identificado as causas de maior potencial. Com a aplicação do plano de ação 5W2H representado pela figura 6 abaixo, foi possível sugerir ações para as principais causas identificadas, que em uma aplicação futura, pode-se chegar à resolução dos atrasos

das entregas das manutenções preventivas. Os custos com algumas ações foram zero, devido ao responsável pela ação já ser contratado da companhia. Ainda, com o objetivo de sugerir melhorias e otimizar a gestão de manutenção da unidade, todas as causas além das pontuadas com maiores notas, também foram tratadas pelo plano de ação a seguir:

Figura 6 – Plano de ação 5W2H do estudo de caso

CAUSAS	WHAT	WHY	WHO	HOW	HOW MUCH	WHEN	WHERE
Número de técnicos insuficientes	Designar a quantidade ideal de colaboradores	Reduzir a sobrecarga nos colaboradores	Supervisor de operações	Analisar a quantidade de tarefas por tipo de manutenção	Custo zero	Na programação de cada manutenção preventiva	Estação de compressão estudada.
Atraso na chegada do supervisor de manutenção na estação	Fixar um horário de chegada para técnicos e supervisores	Evitar atraso no início das atividades	Supervisor de operações	Comunicação em reunião	Custo zero	Em todos os dias de manutenção preventiva	Estação de compressão estudada.
Baixo comprometimento dos técnicos com a manutenção	Criar um programa de pontuação que será acrescentado na avaliação de desempenho anual	Finalizar as manutenções dentro do prazo	Supervisor de operações	Pontuação máxima aos integrantes, caso finalizar no prazo	Custo zero	Imediatamente	Estação de compressão estudada.
Falta capacitação de alguns técnicos em atividades mais complexas	Criar um programa de treinamento de ajustes de válvulas e aferição de recessão de válvulas	Aumentar conhecimento de atividades mais técnica	Departamento de treinamento e manutenção	Treinamento prático	Custo com Homem Hora do ministrador do treinamento.	Imediatamente	Sede da companhia
Má distribuição das tarefas da manutenção	Separar as atividades por equipe	Otimizar as atividades	Supervisor de manutenção	Cada grupo terá atividades definidas	Custo zero	Na programação de cada manutenção	Estação de compressão estudada.
Início tardio da reunião de segurança (DDSMS)	Iniciar a reunião 30 minutos antes do início da manutenção	Iniciar a manutenção no horário correto	Equipe	Seguindo a programação	Custo zero	Durante os dias de manutenção preventiva	Estação de compressão estudada.
Avaliação inadequada das prioridades dos serviços	Priorizar atividades da manutenção preventiva	Evitar perda de tempo com atividades fora do plano	Supervisor de manutenção	Designar 01 técnico para corretivas de pequeno porte	Custo zero	Durante os dias de manutenção preventiva	Estação de compressão estudada.
Entrega de algumas peças somente no dia da manutenção	Solicitar peças com ampla antecedência	Evitar atraso na chegada de peças	Supervisor de manutenção	Realizar requisição com 2 meses de antecedência	Custos com peças utilizadas na manutenção	No planejamento da manutenção preventiva	Estação de compressão estudada.
Máquinas expostas ao tempo	Cobrir os equipamentos	Minimizar a ação do tempo	Supervisor de operações	Instalar coberturas das máquinas com toldos	R\$ 25.000,00	Imediatamente	Estação de compressão estudada.
Condições inseguras na execução de algumas atividades	Instalar plataformas de acesso	Evitar acidentes	Supervisor de operações	Instalar plataformas de acesso por cima das tubulações	R\$ 15.000,00	Imediatamente	Estação de compressão estudada.
Motores e compressores com vazamentos de óleo	Criar um plano de ação para vazamentos	Executar o reparo com programação ideal	Supervisor de manutenção	Identificar todos os vazamentos em campo	Custo zero	Imediatamente	Estação de compressão estudada.
Setores dos equipamentos com difícil acesso	Instalar plataformas de acesso	Facilitar a execução das tarefas	Supervisor de operações	Solicitar orçamento de empresa terceirizada	R\$ 15.000,00	Imediatamente	Estação de compressão estudada.

Fonte: Autor (2021)

4 CONCLUSÃO

Este trabalho de conclusão de curso teve, como objetivo geral, identificar as causas que estão impactando o atraso nas entregas das paradas de manutenção preventiva em uma estação de compressão de gás natural, e como objetivos específicos, identificar os principais problemas ocorridos no processo de manutenção da unidade estudada, utilização de ferramentas da qualidade para ajudar a solucionar os problemas mais críticos e por fim, apresentar propostas de melhorias para otimizar o processo de manutenção.

Os objetivos foram alcançados com o auxílio de ferramentas da qualidade específicas, como, o diagrama de causa e efeito atrelado ao brainstorming utilizado com a equipe de operação e manutenção, e posteriormente, com a utilização da matriz GUT foi possível priorizar as causas de maior potencial e utilizando o plano de ação 5W2H, foi possível sugerir tratamento para estas causas, como também sugestão de melhorias para causas de menor potencial.

Com o trabalho realizado foi possível, identificar falhas no processo de manutenção preventiva e aprimorar os conhecimentos nas ferramentas da qualidade utilizadas para chegar ao objetivo deste estudo, onde a revisão da literatura foi de fundamental importância para adquirir conhecimentos e aplica-lo durante toda a execução do estudo de caso.

Por fim, entende-se que com a aplicação futura das sugestões de melhorias apresentados através do plano de ação 5W2H, há a possibilidade de otimizar o processo de parada de manutenção preventiva e conseqüentemente ajudar a reduzir a quantidade de horas extras, minimizar riscos de acidentes do trabalho, realizar a entrega dentro do prazo estabelecido e potencializar a produtividade do cliente.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, André Alves do Carmo Rodrigues de. **Análise e aperfeiçoamento do processo de manutenção em uma empresa de óleo e gás: Um estudo de caso.** Departamento de Engenharia de Produção. Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, 2016.

ARAÚJO, Luis César. **Organização, Sistemas e Métodos e as modernas ferramentas de gestão organizacional.** São Paulo: Atlas, 2006.

CALROC INDUSTRIES. **Ariel JGK-4 Reciprocating Compressor Package**. Disponível em <<https://calroc.ca/equipment/ariel-jgk-4-reciprocating-compressor-package/>>. Acesso em 23 out. de 2021.

CALROC INDUSTRIES. **Waukesha L7042GSI**. Disponível em <[Waukesha-L7042GSI-Engine-Data-Sheet.pdf \(calroc.ca\)](#)>. Acesso em 23 out. de 2021.

CAMPOS MEIRA, Rogério. **As ferramentas para a melhoria da qualidade**. 2 ed. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2003.

FIELD CONTROL. **Ferramentas de gestão da manutenção: conheça as 6 principais**. Disponível em <https://fieldcontrol.com.br/blog/ferramentas-de-gestao/>.. Acesso em 25 ago. de 2021.

GONCALVES, Cliff I.S.; NOVA, Rafaela S.; VASCONCELOS JR., Paulo S. **Transporte e utilização do gás natural no estado de Sergipe**. Disponível em <http://www.portalabpg.org.br/site_portugues/anais/anais6/publicacoes/repositorio/trabalhos/030309110820111184.pdf>. Acesso em 11 out. de 2021.

GRANADO, Graziane Correa da Silva. **Brainstorming e a aplicação do modelo clássico**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 10, Vol. 18. Outubro de 2020. Disponível em <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-de-produção/brainstorming>>. Acesso em 14 nov. de 2021.

GUIMARÃES, Hugo. **Proposta de um modelo matemático para a programação da operação de turbinas a gás em estações de compressão para transporte de gás natural**. Rio das Ostras, 2019. Universidade Federal Fluminense. Instituto de ciência e tecnologia. Programa de pós graduação em Engenharia de Produção e Sistemas Computacionais. Rio das Ostras, RJ, 2019.

HELMANN, Kurt Schamne. **Uma sistemática para determinação da criticidade de equipamentos em processos industriais baseada na Abordagem multicritério**. Ponta Grossa, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Ponta Grossa, 2008.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio de Aquino. **Manutenção: função estratégica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

MCTI (Ministério De Ciência, Tecnologia e Inovação). Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência. **Emissões Fugitivas de Gases de Efeito Estufa na Indústria de Petróleo e Gás Natural do Inventário Brasileiro**. Versão disponível para consulta pública. Brasília, DF: MCTI, 2015.

MEDEIROS, Hércules Souza de. **Inserção do Gás Natural na Economia Brasileira e seus Efeitos nas Emissões de CO₂**. Universidade Estadual de Campinas, 2007.

Disponível em < http://cutter.unicamp.br/document/?code=vtls_000439739> Acesso em 11 out. de 2021.

MEIRA, Gedson. **Análise da prestação de serviços de caldeiraria nas paradas programadas de manutenção de plantas industriais da refinaria Landulpho Alves – RLAM.** Salvador, 2008. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

PCW BRASIL. **A indústria brasileira de petróleo e gás.** Disponível em <O&G_TSP_14_capa_port.indd (pwc.com.br). Acesso em 29 ago. de 2021.

PESTANA, Marcelo; VERAS, Gabriela; FERREIRA, Maria; SILVA, Abraao. **Aplicação da matriz GUT e da matriz da qualidade em uma empresa de consultoria ambiental. Um estudo de caso para elaboração de propostas de melhoria.**Belo Horizonte, 2017. Editora Poisson, Belo Horizonte, MG, 2017.

QUEIROZ, Laura Michelle Dos Anjos. **Planejamento e controle da manutenção aplicados ao processo de manufatura no ramo alimentício.** Encontro Nacional de Engenharia De Produção, Fortaleza, 2015. Anais Eletrônicos... Fortaleza: ABEPRO, 2015.

SIMEI, Luís Carlos. **A Definição da Manutenção. A Gestão da manutenção.** 2012. Disponível em:<<http://manutenabilidade.blogspot.com.br/2012/09/a-definicao-da-manutencao.html>>. Acesso em: 18 set. de 2021.

SIMONELLI, G.; DOS SANTOS, L.C.Determinação da pressão de injeção de gás para elevação de Petróleo por gás-lift contínuo.**Revista eletrônica de petróleo e gás.Universidade Potiguar**, mai. de 2016.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção.** 2 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

TORRES, Fabrício José Tome. **Gestão de manutenção: Desenvolvimento e implementação de melhorias na manutenção dos equipamentos de uma empresa de petróleo e gás.**Itajubá, 2019. Curso de graduação em Engenharia de Produção. Unicesumar-Centro Universitário de Maringá, Itajubá, MG, 2019.

XENOS, Harilaus G. Gerenciando a Manutenção Produtiva: **O caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade.** 2ª edição Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços LTDA, 2004.