



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS
DE SERGIPE - FANESER
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**



CLARKSON LINO RAMOS

**O USO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE NA
IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS DAS PARADAS DOS
POÇOS EQUIPADOS COM BOMBEIO MECÂNICO**

**Aracaju - SE
2014.2**

CLARKSON LINO RAMOS

**O USO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE NA
IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS DAS PARADAS DOS
POÇOS EQUIPADOS COM BOMBEIO MECÂNICO**

**Monografia apresentada à coordenação
de estágio da FANESE como requisito
parcial para obtenção de bacharel em
Engenharia de Produção.**

**Orientador: Prof. MSc André Maciel
Passos Gabillaud.**

**Coordenador do Curso: Prof. MSc
Alcides Anastácio de Araújo Filho**

**Aracaju - SE
2014.2**

CLARKSON LINO RAMOS

FAZENDA

PROJETO PARA CELTA MARIA NOVITA FREITAS
PROJETO 29197 DATA 23/09/15
ORIGEM Aracaju

O USO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE NA
IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS DAS PARADAS DOS
POÇOS EQUIPADOS COM BOMBEIO MECÂNICO

FICHA CATALOGRÁFICA

R175u RAMOS, Clarkson Lino

O Uso das Ferramentas da Qualidade na Identificação das Causas das Paradas dos poços Equipados com Bombeio Mecânico / Clarkson Lino Ramos. Aracaju, 2014. 70 f.

Monografia (Graduação) – Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe. Departamento de Engenharia de produção, 2014.

Orientador: Prof. Me. André Maciel Passos Gabillaud

1. Ferramentas da Qualidade 2. Gestão da Qualidade Total 3. Eficiência Global dos Equipamentos 4. Bombeio Mecânico I.
TÍTULO.

CDU 658.56(813.7)

32 - 0125
2015

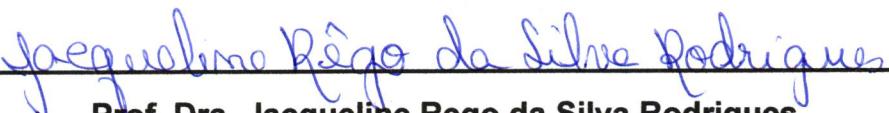
CLARKSON LINO RAMOS

**O USO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE NA
IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS DAS PARADAS DOS
POÇOS EQUIPADOS COM BOMBEIO MECÂNICO**

**Monografia apresentada à banca examinadora da Faculdade de Administração
e Negócios de Sergipe – FANESE, como requisito parcial e elemento
obrigatório para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção,
no período de 2014.2.**


Prof. M.Sc. André Maciel Passos Gabillaud
1º Examinador (Orientador)


Prof. Dr. Jomar Batista Amaral
2º Examinador


Prof. Dra. Jacqueline Rego da Silva Rodrigues
3º Examinador

Aprovado com média: _____

Aracaju (SE), 26 de Novembro de 2014.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde e inteligência para a realização deste trabalho. Sem Ele nada seria possível.

Ao meu orientador, Professor André Maciel Passos Gabillaud, por toda paciência, dedicação e incentivo em todas as etapas da construção deste trabalho. Seu conhecimento e experiência foram muito importantes. Obrigado!

Aos professores, colaboradores, amigos e colegas da UFS e da FANESE que me ajudaram e incentivaram durante toda essa caminhada até aqui. Em especial aos amigos João Gabriel, Nara, Ju, Kelly, Andréa, Thayane, Felipe, Eline, Aline, Thiago e Elaine.

A todos os colegas da Petrobras que colaboraram da melhor maneira possível, sempre dispostos a transmitir informações e conhecimentos. Em especial ao Engº Edson Reiji Hirose por toda a dedicação e disponibilidade e à amiga Luana Luara por ter dedicado momentos do seu tempo de descanso para me ajudar na coleta dos dados.

Por fim, agradeço a todos os familiares e amigos que compreenderam quando não pude estar presente nas reuniões e encontros de descontração. Essas horas de dedicação aos estudos foram essenciais para esta conquista.

Dedico este trabalho ao meu pai, Adelmo, à minha mãe, Carmem, e à minha tia, Lêda, por todo o incentivo, apoio e sacrifício feito para que eu pudesse alcançar essa conquista.

Ao meu irmão, Kelvin, que mesmo distante sempre esteve disposto a me ajudar e aconselhar nos momentos de dificuldade.

À minha avó, Maria Antônia, pelo amor, ensinamentos e conselhos, indispensáveis na construção do meu caráter.

"A sutileza do pensamento consiste em descobrir a semelhança das coisas diferentes e a diferença das coisas semelhantes."

Charles de Montesquieu

RESUMO

Diante de um mercado extremamente concorrente as empresas buscam cada vez mais a melhoria contínua baseada na gestão da qualidade total. O uso das ferramentas da qualidade assim como a interação entre as áreas de produção tem facilitado o desenvolvimento de ótimos produtos com tempo e custos cada vez menores. Pensando no aumento da produtividade, este trabalho foi desenvolvido na Petrobras com o objetivo de identificar os motivos das paradas dos poços produtores de petróleo (Bombeio Mecânico) utilizando as ferramentas da qualidade. Sua parte inicial contém um pouco da história da qualidade, sua importância e o que é gestão da qualidade total. No desenvolvimento são apresentadas algumas ferramentas da qualidade, conceitos sobre manutenção, Eficiência Global dos Equipamentos (OEE) e fala-se um pouco sobre a indústria do petróleo. Para a realização desse estudo foi necessário quantificar todas as paradas ocorridas no período de um ano e elaborar um gráfico de Pareto para separar os poucos vitais dos muitos triviais. Após determinar os motivos vitais, foi elaborado um diagrama de Ishikawa para definir as possíveis causas raízes. Identificadas as possíveis causas, foi elaborado um plano de ação com o auxílio do 5W1H. Por fim, foi calculado o OEE atual e simulado possíveis ganhos com realização do plano de ação proposto.

Palavras-chave: Ferramentas da Qualidade, Gestão da Qualidade Total, Eficiência Global dos Equipamentos, Bombeio Mecânico.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Variáveis e indicadores da pesquisa.....	36
Quadro 2 - Motivos e durações das paradas dos poços.....	44
Quadro 3 - Falha na coluna de produção.....	52
Quadro 4 - Falha na coluna de hastes.....	53
Quadro 5 - Falha na bomba de fundo.....	53
Quadro 6 - Falha na linha de produção.....	54
Quadro 7 - Problema na unidade de bombeio.....	55
Quadro 8 - Problema no redutor.....	55
Quadro 9 - Falha nas correias.....	56
Quadro 10 - Melhoria do OEE com a redução do tempo de parada não programada	58
Quadro 11 - Acréscimo do volume de óleo produzido anualmente	60
Quadro 12- Tempo médio diário de parada por baixo rendimento.....	67
Quadro 13- Volume anual de perda de óleo.....	68
Quadro 14 - Parada manutenção programada.....	69

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Diagrama de Pareto.....	45
Gráfico 2 - Melhoria do OEE baseada no percentual de redução das paradas não programadas	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama de Pareto	23
Figura 2 - Diagrama de causa e efeito	25
Figura 3 - Bombeio centrífugo submerso	30
Figura 4 - Bombeio por cavidades progressivas	31
Figura 5 - Bombeio mecânico	32
Figura 6 - Componentes do bombeio centrífugo submerso	39
Figura 7 - Componentes do bombeio por cavidades progressivas.....	40
Figura 8 - Componentes da bomba de cavidades progressiva.....	41
Figura 9 - Bomba de fundo.....	42
Figura 10 - Partes da unidade de bombeio	43
Figura 11 - Diagrama de causa e efeito (falha na coluna de produção)	46
Figura 12 - Diagrama de causa e efeito (falha na coluna de hastas)	47
Figura 13 - Conjunto sede/esfera.....	47
Figura 14 - Diagrama de causa e efeito (falha na bomba de fundo)	48
Figura 15 - Diagrama de causa e efeito (problema na linha de produção).....	49
Figura 16 - Diagrama de causa e efeito (problema unidade de bombeio).....	50
Figura 17 - Diagrama de causa e efeito (problema no redutor).....	50
Figura 18 - Diagrama de causa e efeito (correia partida).....	51
Figura 19 - Componentes da UB.....	65
Figura 20 - Satélite que recebe o óleo proveniente dos poços (1).	70
Figura 21 - Satélite que recebe o óleo proveniente dos poços (2).	70

SUMÁRIO

RESUMO

LISTA DE QUADROS

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE FIGURAS

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivos específicos	14
1.2 Justificativa	14
1.3 Características da Empresa	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1 História da Qualidade	17
2.2 Importância da Qualidade	18
2.3 Gestão da Qualidade Total	20
2.4 Ferramentas da Qualidade	21
2.4.1 Diagrama de Pareto	22
2.4.2 Diagrama de causa e efeito ou diagrama de Ishikawa.....	24
2.4.3 5W2H	25
2.4.4 mapeamento de processos	25
2.5 Manutenção e TPM.....	26
2.6 Indústria Petrolífera	29
3 METODOLOGIA	33
3.1 Natureza do Estudo	33
3.2 Caracterização da Pesquisa.....	33
3.2.1 Quanto aos objetivos ou fins	33
3.2.2 Quanto ao objeto ou meios	34
3.2.3 Quanto ao tratamento dos dados	34
3.3 Instrumentos de Pesquisa.....	35
3.4 Unidade, Universo e Amostra da Pesquisa	35
3.5 Definição das Variáveis	36
3.6 Plano de Registro e Análise dos Dados.....	36
4 ANÁLISE DE RESULTADOS.....	38
4.1 Métodos de elevação	38
4.1.1 Principais componentes do bombeio mecânico	41
4.1.1.1 bomba de fundo	41
4.1.1.2 coluna de hastas	42
4.1.1.3 coluna de tubos.....	42
4.1.1.4 unidade de bombeio	42
4.1.1.5 motor.....	42
4.2 Classificação das paradas dos poços.....	43

4.3 Identificação dos motivos das paradas	45
4.4 Plano de ação (5W1H).....	52
4.4 Cálculo da Eficiência Global do Equipamento atual e simulação de cenários	
57	
5 CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS	62
ANEXOS.....	64
Anexo A – Componentes da Unidade de Bombeio	65
APÊNDICE.....	66
Apêndice A – Paradas por baixo rendimento	67
Apêndice B – Perda de óleo	68
Apêndice C – Paradas manutenção programada.....	69
Apêndice D – Satélite de Produção	70

1 INTRODUÇÃO

Anterior à Revolução Industrial, na época dos artesãos, já havia uma preocupação com os produtos que estavam sendo construídos. Eles inspecionavam a matéria prima, tinham cuidado durante o processamento e avaliavam o resultado de acordo com sua experiência. Já era perceptível a preocupação com a qualidade do produto mesmo que de forma indireta.

Anos se passaram e essa preocupação foi aumentando, o mercado começou a ficar aquecido e disputado, a qualidade passou a ser decisiva na aquisição dos produtos. Empresas perderam vendas por não perceberem às verdadeiras necessidades dos clientes. Preço, cor, design, durabilidade, peso, garantia, todas essas características eram vistas como integrantes da qualidade e não tinha como possuir um bom produto se não houvesse um processo eficiente.

Percebe-se que as indústrias deixam de se preocupar com características específicas e passam a buscar melhorias em todo o sistema de produção, incluindo inputs, processo de transformação, outputs e clientes, estava nascendo a Gestão da Qualidade Total (GQT).

Para amparar a implantação da GQT nas empresas, foram desenvolvidas várias ferramentas (folha de verificação, diagrama de causa e efeito, histograma, diagrama de afinidade, matriz de priorização, 5S e 5W1H) e métodos (*Quality Function Deployment - QFD, Failure Mode and Effect Analysis - FMEA, PDCA e Seis Sigma*) que auxiliam na melhoria contínua identificando o problema, suas causas e propondo melhorias na tentativa de reduzir ou eliminar os problemas com o intuito de garantir a qualidade de produtos e processos.

Indústrias de todos os setores podem utilizar essas ferramentas e métodos para auxiliar na implantação da GQT. Cada ferramenta e método possui uma finalidade (identificar e priorizar problemas, analisar e buscar causas raízes, auxiliar na elaboração e implementação de soluções) sendo que duas ou mais ferramentas podem ter a mesma finalidade, cabe ao Engenheiro (ou profissional que realizará o estudo) determinar a ferramenta mais adequada ao seu caso.

Na indústria do petróleo, mais precisamente na Petrobras, algumas ferramentas da qualidade já são utilizadas para a melhoria de algumas etapas do processo. Ao analisar o tempo de funcionamento dos poços produtores de petróleo no processo de elevação em Carmópolis, percebeu-se um elevado tempo de parada dos mesmos. Diante do exposto surgiu a seguinte questão problematizadora: o que pode ser feito para identificar os motivos das paradas e diminuí-las utilizando as ferramentas da qualidade?

Com o intuito de determinar as causas das maiores paradas, priorizar as mais influentes e propor melhorias para a diminuição destas, foi realizado um estudo utilizando algumas ferramentas da qualidade.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Identificar os motivos das paradas dos poços produtores de petróleo (Bombeio Mecânico) utilizando as ferramentas da qualidade.

1.1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar os métodos de elevação utilizados na empresa;
- Classificar, através das ferramentas da qualidade, os motivos das maiores paradas dos poços;
- Identificar as causas das paradas com o auxílio de um Diagrama de Causa e Efeito;
- Elaborar plano de ações para reduzir ou eliminar paradas;
- Demonstrar ganhos na Eficiência Global dos Equipamentos (OEE) através da simulação de cenários.

1.2 Justificativa

Diante das exigências atuais dos consumidores, ter um processo e um produto com qualidade é indispensável para a empresa se manter no mercado.

Visando uma melhoria contínua, empresas têm adotado métodos para implantar a Gestão da Qualidade Total, minimizando falhas e desvios que venham prejudicar a produção, gerar retrabalho ou perda dos produtos.

Para a implementação da GQT, o uso das ferramentas da qualidade é indispensável, pois elas norteiam toda a análise do processo desde a identificação e priorização do problema, passando pela análise das causas, elaboração de soluções e verificação dos resultados. Vale ressaltar que a determinação de qual ferramenta utilizar depende do problema a ser analisado e que mais de uma ferramenta pode ser utilizada como análise de um mesmo desvio, visto que elas se completam.

Através do uso dessas ferramentas, será realizado um estudo na Petrobras, empresa onde o aluno trabalha, mais precisamente no Campo Terrestre de Carmópolis, visando a diminuição das paradas dos poços produtores de petróleo, consequentemente, aumentando a quantidade de óleo produzida. Esse estudo também é muito importante para o autor pois faz parte da grade curricular do curso de Engenharia de Produção e nele será utilizado o conhecimento adquirido durante esses anos de graduação.

1.3 Características da Empresa

Presente em 27 países e atuante na maioria dos estados brasileiros nos setores de exploração, produção, refino, comercialização e transporte de óleo e gás natural, petroquímica e distribuição de derivados, a Petrobras tornou-se a maior companhia da América Latina, conquistando a liderança em exploração e produção de petróleo em águas profundas e a descoberta de óleo e gás no pré-sal. É uma sociedade anônima de capital aberto que tem como acionista majoritário o Governo do Brasil.

Desde a sua criação em 1953, no governo Vargas, a Petrobras vem investindo em tecnologia e descobrindo novos campos. Na década de 50, foram descobertos os campos de Martins e Taquipe respectivamente em Alagoas e na Bahia. Em 60, descobriram-se os campos de Carmópolis, em Sergipe, e Miranga na Bahia. Ainda em Sergipe, foi encontrado o campo de Guaricema, primeiro campo marítimo brasileiro. Nos anos seguintes começaram a serem explorados campos em São Paulo, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Amazonas e outros estados.

É no campo de Carmópolis, localizado a 50 km da capital sergipana, que foi realizado o estudo da aplicabilidade das ferramentas da qualidade no processo de identificação dos motivos de parada dos poços produtores de petróleo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 História da Qualidade

Segundo Batalha (2008, p. 53), anterior à revolução industrial, o conceito predominante sobre qualidade era o de inspeção, no sentido de segregar os itens que apresentavam não-conformidades utilizando assim uma abordagem predominantemente corretiva.

Carpinetti (2010, p. 16) relata que em meados da década de 20, Shewhart desenvolveu um método baseado em ferramentas estatísticas para analisar a qualidade dos produtos ao final do processo e o denominou Cartas de Controle de Processo. Tal fato marca a transição de uma postura corretiva para uma proativa de prevenção, monitoramento e controle.

O mesmo autor afirma que na década de 30, H. F. Dodge e H. G. Roming desenvolveram técnicas que avaliavam a qualidade dos produtos por amostragem, baseados na ideia de que a qualidade das amostras representava a qualidade de todo o lote, sendo dispensável a verificação de todos os produtos. A gestão da qualidade envolvendo toda a organização, ou seja, a montante e a jusante do processo foi iniciada após os anos 50 influenciada pelos pensamentos de Juran, Feigenbaum, Deming e Ishikawa.

De acordo com Batalha (2008, p. 54), é justamente na década de 1950, denominada *era da garantia da qualidade*, que surge a abordagem sistêmica proposta por Armand Feigenbaum, nomeada Controle da Qualidade Total (*Total Quality Control* – TQC). O TQC sugere o envolvimento de todas as áreas da companhia no controle da qualidade e não somente do setor produtivo, como ocorria até então.

Seguindo na história, Ballester-Alvarez (2012, p. 95) afirma que nos anos 60 o foco passou a ser o consumidor, este ditava as regras da qualidade através das informações provenientes das pesquisas de mercado e de opinião. O que marcou os anos 80 e 90 foi a grande concorrência entre as empresas. A dificuldade agora era

prever qual seria a próxima necessidade do cliente. Nesse momento surge a *garantia da qualidade* marcada pela famosa frase: *sua satisfação garantida ou o dinheiro de volta.*

Na mesma linha de raciocínio, Batalha (2008, p. 55) acrescenta que, nessa era, o foco nos resultados aparece de forma significativa em programas como o *seis sigma*, proposto pela Motorola, e os modelos de excelência, tais como, o Prêmio Malcom Baldrige (1987) americano e no Brasil o Prêmio Nacional da Qualidade – PNQ (1992).

Atualmente, segundo Batalha (2008, p. 55), além dos elementos citados anteriormente, a área da qualidade tem uma perspectiva de sistema aberto, remetendo às questões de gestão ambiental, responsabilidade social e ética. Com toda essa evolução na área da qualidade e diante da concorrência mundial, Ballesteros-Alvarez (2012, p. 96) enfatiza a importância da qualidade ao afirmar que o limite entre o sucesso e o fracasso é muito sutil, uma decisão tomada de forma errônea pode sacrificar todo um projeto.

2.2 Importância da Qualidade

Moreira (2012, p. 551-552) fala sobre a dificuldade encontrada pelas empresas para se manter no mercado diante do clima de concorrência entre as indústrias e a necessidade de adaptação em ambientes cada vez mais complexos. Para se tornar competitiva, sobreviver e prosperar, as empresas devem buscar características distintas dos concorrentes.

As organizações estão sujeitas à pressões vindas de todos os lados e manter uma orientação para as necessidades dos clientes, desenvolver confiabilidade e velocidade de entrega, ser flexível à mudança e por fim preocupar-se continuamente com a qualidade são medidas fundamentais para sobreviver.

Segundo Paladini (2009, p. 19-20), a qualidade possui um conceito dinâmico por sua própria natureza, e apresenta características que implicam dificuldades de porte considerável para sua perfeita definição. Uma dessas características é o fato de ser uma palavra de domínio público e muitas vezes ser definida de forma equivocada. Definir qualidade de forma errônea pode levar a Gestão da Qualidade a adotar ações cujas consequências podem ser extremamente sérias para a empresa.

Na ótica desse mesmo autor, a definição técnica de qualidade não pode contrariar dois aspectos fundamentais: independente da definição proposta para a qualidade espera-se que sua definição não contrarie o que já se sabe sobre o assunto e como o termo qualidade já faz parte do dia a dia das pessoas, não se pode identificar nem delimitar seu significado com precisão.

Moreira (2012, p. 552-553) define qualidade como sendo um atributo de produtos e serviços, podendo também referir-se a tudo aquilo que é feito pelas pessoas. Segundo ele, podemos dividir a qualidade em qualidade de conformação e qualidade de projeto.

Qualidade de conformação é o maior ou menor grau em que um produto, serviço ou atividade é feito ou desempenhado de acordo com um padrão ou especificações estabelecidos; é a relativa ausência de defeitos em relação ao padrão ou à especificação;

Qualidade de projeto diz respeito às características particulares do projeto de um produto, serviço ou atividade que lhe conferem um grau de desempenho mais ou menos abrangente, melhor ou pior, mais ou menos sofisticado etc. (MOREIRA 2012, p. 552).

Garvin (1984, apud Slack; Chambers; Jhonston 2009, p. 522) categorizou as múltiplas definições da qualidade em “cinco abordagens”, a citar:

- A abordagem transcendental: vê a qualidade como sendo a excelência, o melhor possível em termos de especificação do produto ou serviço;
- A abordagem baseada em manufatura: preocupa-se em garantir as especificações de projeto, proporcionando produtos e serviços livres de erro;
- A abordagem baseada no usuário: assegura que o produto ou serviço esteja adequado ao seu propósito, adequação não só às especificações como também ao consumidor;
- A abordagem baseada no produto: vê a qualidade como sendo um conjunto mensurável e preciso de características que são requeridas para satisfazer o consumidor.
- A abordagem baseada no valor: defende a ideia de que o produto deve ser adequado ao uso e ao preço.

Paladini (2009, p. 30) afirma que um equívoco comum é querer restringir a definição de qualidade a apenas uma ou algumas dessas abordagens e enfatiza que o primeiro passo para definir corretamente qualidade é considerá-la um conjunto de

atributos ou elementos que compõe o produto ou serviço. Muitas empresas preferem centralizar a qualidade no consumidor, pois dessa forma podem abranger diversos itens, afinal, para o consumidor é importante o preço do produto, suas características específicas e seu processo de fabricação.

Segundo Paladini (2009, p. 33), a partir do momento que as atividades referentes à qualidade começam a abranger todos os requisitos que produtos e serviços devem ter para realizar os desejos dos clientes, incluindo preço, necessidades, preferências, gostos etc, passa a existir uma 'Gestão da Qualidade Total'.

2.3 Gestão da Qualidade Total

Moreira (2012, p. 554) afirma que a Gestão da Qualidade Total ou TQM (*Total Quality Management*), como é conhecida, se consolidou na década de 1980 como filosofia gerencial juntamente com várias outras filosofias de administração. De acordo com alguns estudiosos norte-americanos, os Círculos de Controle da Qualidade (CCQ) deram origem a filosofia TQM. Ainda segundo Moreira (2012, p. 556), esses Círculos eram grupos de funcionários, não necessariamente de um mesmo setor, que se reuniam periodicamente para discutir e analisar problemas de trabalho.

Powell apud Moreira (2012, p. 556) relata que os primeiros indícios de TQM surgiram em 1949 quando Juse formou uma equipe de estudiosos com o objetivo de melhorar a produtividade japonesa e a qualidade de vida pós guerra. "Em contraste com Powell, o famoso guru W. Edwards Deming alega que tudo começou com o grande trabalho de Walter Shewhart sobre o controle estatístico de processo, na década de 1930. (DOW; SAMSON; FORD, 1999 apud MOREIRA, 2012, p. 556)."

Segundo Slack; Chambers; Jhonston (2009, p. 627), a noção da TQM foi introduzida por Feigenbaum a partir de 1957. Nos anos seguintes, vários estudiosos (Deming, Juran, Ishikawa, Taguchi e Crosby, denominados gurus da qualidade) relataram sobre suas ideias a respeito do assunto e enfatizaram um conjunto de diferentes questões de onde surgiu a abordagem de TQM em melhoria de operações. Abaixo segue contribuições de alguns gurus da qualidade.

(JURAN,1989) Tentou fazer com que as organizações se movessem da visão fabril tradicional de qualidade como 'atendimento as

especificações' para uma abordagem mais voltada ao usuário, para o que criou a expressão adequação ao uso.

(FEIGENBAUN, 1986) Define TQM como 'Um sistema eficaz para integrar as forças de desenvolvimento, manutenção e melhoria da qualidade dos vários grupos de uma organização, permitindo levar a produção e o serviço aos níveis mais econômicos da operação e que atendam plenamente à satisfação do consumidor'. [...]

(DEMING, 1986) Afirmou que a qualidade começa com a alta administração e é uma atividade estratégica. Sua filosofia básica é que a qualidade e a produtividade aumentam à medida que a 'variabilidade do processo' diminui. [...]

(ISHIKAWA, 1985) Recebeu crédito como criador do conceito de círculos de qualidade e dos diagramas de causa e efeito. Via a participação do trabalhador como chave para a implementação bem sucedida da TQM. (SLACK; CHAMBERS; JHONSTON, 2009, p. 627-628).

Paladini (2009, p. 37) afirma que, para Juran, o elemento básico da TQM é o planejamento. "Uma das maiores aplicações do conceito do planejamento da qualidade é o **planejamento estratégico da qualidade**, algumas vezes chamado de Gestão da Qualidade Total (TQM)." (JURAN; GINA, 1991, p. 210 apud PALADINI 2009, p. 37).

Para Moreira (2012, p. 554), TQM é uma maneira particular de gerenciar uma instituição. É uma filosofia gerencial integrada que utiliza algumas práticas com o intuito de enfatizar a melhoria contínua, o atendimento ao cliente, o relacionamento próximo com os fornecedores, o pensamento de longo prazo, a eliminação de desperdícios, o envolvimento do trabalhador, incentivando o trabalho em equipe juntamente com a análise e solução de problemas, a busca e adoção das melhores práticas conhecidas de trabalho (benchmarking) e a criação de novos projetos para o processo.

Segundo o mesmo autor, podemos resumir a TQM como uma filosofia administrativa gerencial que tem como foco o cliente (atender suas expectativas, fornecendo um produto/serviço de qualidade), para isso utilizam-se alguns recursos qualitativos e quantitativos (técnicas denominadas ferramentas e métodos da qualidade) atuando dentro de uma cultura organizacional que estimule a cooperação de trabalho entre todos os níveis da organização.

2.4 Ferramentas da Qualidade

Segundo Batalha (2008, p. 66), o conjunto de ferramentas estatísticas mais comum nas organizações é aquele associado ao controle estatístico da qualidade.

Os gráficos de controle do processo, desenvolvidos por Shewhart, citado no início da fundamentação, fundiu conceitos de estatística em um gráfico de fácil utilização no chão de fábrica que permitia distinguir entre as causas de variação de processos comuns daquelas causas especiais, que deveriam ser investigadas por representarem um comportamento atípico do processo.

O mesmo autor salienta que não basta estar sobre controle estatístico para se ter um processo de qualidade, também é necessário que se consiga atender as necessidades dos clientes e que a capacidade do processo possa atender as demandas do mercado, retomando dessa forma a ideia da Gestão da Qualidade Total.

Ballester-Alvarez (2012, p. 111) diz que para se alcançar a GQT é necessário realizar uma análise em toda a organização com o objetivo de identificar os problemas existentes, para tal, faz-se uso das ferramentas da qualidade. Completa afirmando ser recomendável que as sete ferramentas da qualidade sejam de conhecimento de todas as pessoas da organização, desde o presidente até os trabalhadores.

Segundo a mesma autora, as sete ferramentas da qualidade são: histograma, folha de verificação, diagrama de Pareto, diagrama de causa-e-efeito (espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa), gráfico de dispersão, fluxograma e carta de controle.

Carpinetti (2010, p. 78) apresenta outras sete ferramentas denominadas ferramentas Gerenciais, a citar: diagrama de relações, diagrama de afinidades, diagrama em árvore, matriz de priorização, matriz de relações, diagrama de processo decisório e diagrama de atividades.

Segundo o mesmo autor, além das citadas acima, outras ferramentas bastante utilizadas são o 5W1H (ou 5W2H na visão de alguns autores), mapeamento de processos e o 5S. Por fim, Carpinetti (2010, p. 75) cita o desdobramento da função qualidade - QFD, o Seis Sigma e a Análise de Modo e Efeito de Falha - FMEA como sendo métodos que também auxiliam no alcance da GQT.

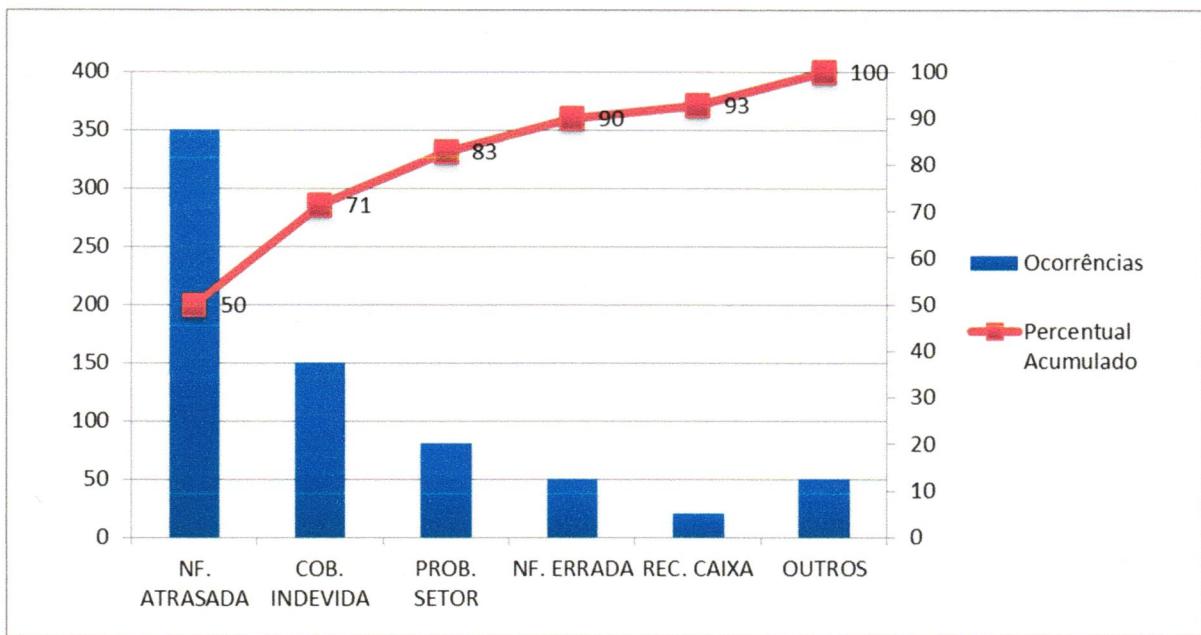
2.4.1 Diagrama de Pareto

Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 586) afirmam que, em qualquer processo de melhoramento, devemos distinguir o que é importante e o que é menos

importante. O diagrama de Pareto tem o propósito de distinguir as poucas questões vitais das muitas triviais, para isso, classifica os itens de informação nos tipos de problemas ou causas de problemas por ordem de importância, ordenando a frequência das ocorrências da maior para a menor.

“O Princípio de Pareto estabelece que a maior parte das perdas decorrentes dos problemas relacionados a qualidade é advinda de alguns poucos mas vitais problemas.” CARPINETTI (2010, p. 82).

Figura 1 - Diagrama de Pareto



Fonte: Adaptado de Campos (2004, p. 227)

Utilizando o diagrama de Pareto, podemos resolver uma grande parte dos desvios, atuando em poucos deles. A seguir, as 7 etapas para elaboração do diagrama de Pareto, segundo o mesmo autor:

- Selecionar, através de dados coletados ou Brainstorming, os tipos de problemas ou causas que se deseja comparar, frequência de ocorrência de diferentes tipos de defeitos resultantes de um processo ou causas para ocorrência de um problema;
- Escolher a unidade de comparação (custo, número de ocorrências, tempo de parada);
- Definir o período de tempo da análise (horas, dias, semanas, meses);
- Coletar os dados;
- No eixo horizontal do gráfico, listar as categorias da esquerda para direita em ordem decrescente de frequência de ocorrência;

- f. Para cada categoria listada, desenhar um retângulo com altura proporcional à frequência da ocorrência;
- g. Caso queira, acrescentar a frequência acumulada.

Segundo Miguel (2006, p. 114), após elaboração do gráfico, o mesmo pode ser dividido em três regiões denominadas A, B e C: região A (é a região com os problemas mais críticos 20%), região B (contém aproximadamente 50% dos problemas, cuja análise pode ser viável, após resolução dos 20%), região C (determina a maior gama, que na verdade contém os problemas menos graves).

2.4.2 Diagrama de causa e efeito ou diagrama de Ishikawa

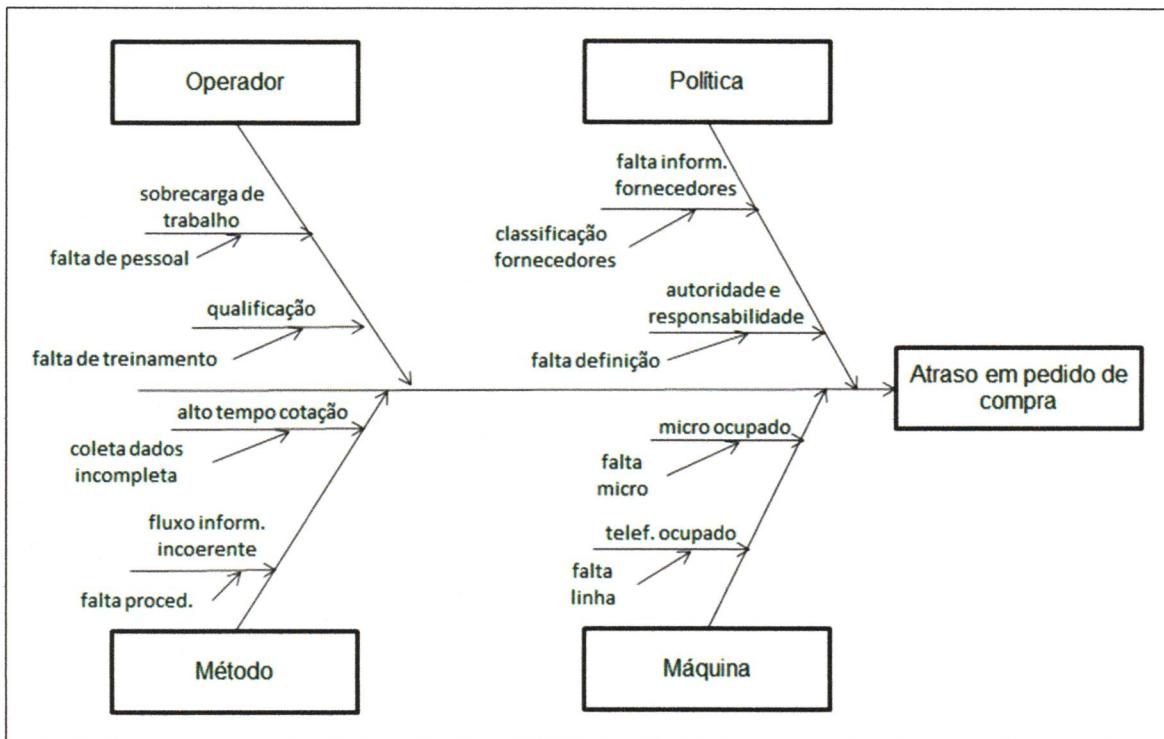
De acordo com Carpinetti (2010, p. 85), o diagrama de causa e efeito foi desenvolvido para relacionar todas as possíveis causas de uma falha. Dessa forma, ele serve de guia para a identificação da causa fundamental e determina as medidas corretivas a serem tomadas. Uma ferramenta que trabalha em conjunto com o diagrama de causa e efeito é o brainstorming que, nesse caso, tem como objetivo produzir um máximo de ideias, geralmente sugeridas por um grupo de pessoas, para identificar as possíveis causas do defeito.

O diagrama de causa e efeito, espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa também é denominado de 6M, pelas iniciais dos fatores que considera em primeiro lugar: método, matéria-prima, mão-de-obra, máquinas, medidas, meio ambiente. Esses fatores, por sua vez, podem ser desdobrados em secundários; por exemplo, matéria-prima é originária do depósito, ou do fornecedor, ou interno. (BALLESTERO-ALVAREZ, 2012, p. 112).

Segundo Miguel (2006, p. 140), o diagrama de Ishikawa pode ser elaborado seguindo os seguintes passos:

- a. Determinar o problema a ser estudado (efeito);
- b. Relatar as possíveis causas e registrá-las no diagrama;
- c. Construir o diagrama agrupando as causas em “4M” (mão-de-obra, máquina, método e matéria-prima), ou em “6M”, incluindo “medida” e “meio ambiente” na análise;
- d. Analisar o diagrama à procura das causas verdadeiras;
- e. Corrigir os problemas.

Figura 2 - Diagrama de causa e efeito



Fonte: Adaptado de Carpinetti (2010, p. 87)

2.4.3 5W2H

Veras (2009, p. 19-20 apud Ribeiro 2013, p. 23-24) descreve o 5W2H como sendo um documento que identifica as ações e responsabilidades de quem irá implementar o que está definido por meio de um questionamento capaz de orientar as diferentes ações que deverão ser implementadas. Seu nome se deve as 7 palavras inglesas que lhe originaram: *what* (o quê será feito?); *who* (quem realizará a tarefa?); *where* (onde cada etapa será executada?); *why* (por quê a tarefa deve ser executada?); *when* (quando realizará?); *how* (como deverá ser executada?); *how much* (quanto custará?).

2.4.4 mapeamento de processos

Segundo Carpinetti (2010, p. 154), o mapeamento ou modelagem de processos nada mais é do que a representação da lógica de funcionamento de uma organização real por meio de um formalismo descritivo ou modelos. Seu objetivo é

criar um “mapa de processo” mostrando graficamente o relacionamento entre seus elementos e atividades.

De acordo com o mesmo autor, um modelo completo deve descrever como funcionam os processos de negócio de uma empresa nos seguintes aspectos: funcional (descrevendo o que deve ser feito), sequencial e lógico (descrevendo o comportamento, como e quando), informativo (descrevendo os dados que serão utilizados e suas relações) e organizacional (descrevendo os responsáveis pela função).

A utilização das ferramentas acima citadas determinam os principais problemas de um produto ou processo, auxiliam na busca de suas causas e na construção de um plano de ação. Independente de o problema ocorrer no produto ou no processo a manutenção sempre será uma aliada na resolução das falhas e na melhoria contínua.

2.5 Manutenção e TPM

Na ótica de Branco Filho (2008, p.48), antes da revolução industrial os bens de consumo eram fabricados sob encomenda e de forma artesanal, nessa época não existia a manutenção propriamente dita, eram os próprios artesãos que basicamente substituíam as peças desgastadas e passavam gordura animal nas partes móveis com o intuito de lubrificá-las.

Viana (2013, p.2) afirma que após a revolução industrial e com o surgimento das máquinas à vapor, percebeu-se a necessidade de levar os fabricantes às indústrias para ensinar aos operários como operar e manter os equipamentos. Como ainda não existia uma equipe de manutenção, os operários tornavam-se operadores mantenedores.

Com o crescimento do número de máquinas nas indústrias percebeu-se a necessidade de uma equipe especializada no reparo do maquinário. Segundo Branco Filho (2008, p.49), já era notória a necessidade de uma organização com pessoas que fossem especializadas em devolver ao equipamento a condição de efetuar a tarefa para a qual foi adquirido ou projetado. Nesse momento surgiram os grupos de manutenção.

A criação dos grupos de manutenção foi o primeiro passo para o desenvolvimento desta área. Com o passar dos anos a manutenção foi evoluindo e

alguns conceitos foram aparecendo; manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva e manutenção produtiva total ou manutenção autônoma são alguns deles.

Para Branco Filho (2008, p.35) a manutenção corretiva é aquela realizada após a falha do equipamento, podendo ser planejada ou não, neste último caso denomina-se manutenção corretiva de emergência. O uso apenas da manutenção corretiva pode deteriorar as máquinas e instalações, ocasionar maior perda de produção, aumentar a degradação ao meio ambiente, o risco às instalações e à vida humana. Mesmo com todos esses pontos negativos, ainda é recomendada nos casos onde é mais barato reparar após as falhas do que usar programas de revisões periódicas ou de inspeção.

As revisões periódicas são muito utilizadas na manutenção preventiva. Segundo Viana (2013, p.10), essa manutenção pode ser caracterizada pela realização de serviços em máquinas que não estejam em falhas, estando com isto em condições operacionais ou em estado de zero defeito. Ainda segundo o mesmo autor, o uso apenas desta manutenção é aceitável em empresas onde se está satisfeito com o custo de manutenção, desejando manter a situação atual.

Em empresas onde o custo da falha é muito grande utiliza-se a manutenção preditiva. De acordo com Viana (2013, p.11), essa manutenção visa acompanhar as máquinas por monitoramento, medições ou por controle estatístico tentando predizer quando ocorrerá a próxima falha. O objetivo deste tipo de manutenção é determinar o tempo correto da intervenção mantenedora e utilizar o componente até o máximo de sua vida útil. Ensaio por ultra-som, análise de vibrações mecânicas, análise de óleos lubrificantes e termografia são técnicas utilizadas para determinar o tempo correto da intervenção.

A evolução na área da manutenção culminou na criação da TPM (Total Productive Maintenance). Segundo Branco Filho (2008, p.39) a TPM “é uma filosofia japonesa de manutenção para aumentar a disponibilidade total da instalação, a qualidade do produto e a utilização dos recursos”. Nessa filosofia o operador passa a ser operador-mantenedor, sempre perseguindo o treinamento, a limpeza e a disciplina.

Ribeiro (2010, p.5) afirma que a TPM foi criada no Japão entre 1969 e 1971, e fundiu técnicas de manutenção preventiva, prevenção de manutenção, manutenção do sistema de produção e engenharia de confiabilidade buscando a falha zero e a

quebra zero das máquinas em paralelo ao defeito zero nos produtos e perda zero nos processos.

Para se alcançar esse zero em quebra, falha e defeito é necessário seguir as cinco metas da TPM, a citar:

1. Melhorar a eficácia dos equipamentos ao examinar todas as perdas que ocorrem.
2. Realizar manutenção autônoma ao permitir que o pessoal assuma a responsabilidade por algumas das tarefas de manutenção e pela melhoria do desempenho da manutenção.
3. Planejar a manutenção por meio de uma abordagem elaborada para todas as atividades de manutenção.
4. Treinar todo o pessoal em habilidades relevantes de manutenção de modo que tanto o pessoal de manutenção como o de operação tenham todas as habilidades para desempenhar seus papéis.
5. Conseguir gerir os equipamentos logo no início usando manutenção preventiva, que compreende considerar as causas de falhas e a manutenibilidade dos equipamentos durante sua etapa de projeto, manufatura e instalação. (NAKAJIMA 1988, apud SLACK; CHAMBERS; JHONSTON, 2009, p. 614).

As premissas supracitadas vão colaborar para a diminuição ou eliminação das seis grandes perdas do processo seriado e das oito grandes perdas do processo contínuo. Segundo Ribeiro (2010, p.79-81), as oito grandes perdas são: perdas por parada de manutenção, por ajuste de produção, por falha de equipamento, por falha do processo, perdas normais de produção, perdas anormais de produção, perdas por produtos defeituosos e por reprocessamento.

Na ótica do mesmo autor, para facilitar a mensuração dessas falhas e determinar a eficiência do equipamento ou conjunto deles, foi criado um índice denominado Eficiência Global do Equipamento (OEE). Este, é calculado com base nas oito grandes perdas agrupadas em três índices, são eles: Índice de Produção (IP), Índice de Performance Operacional (IPO) e Índice de Qualidade (IQ).

$$IP = \frac{\text{Tempo Operacional}}{\text{Tempo Calendário}} \times 100\% \quad (1)$$

Tempo Operacional =

Tempo Calendário – Parada Programada – Ajuste de Produção –

Falha do Equipamento – Falha do Processo (2)

$$IPO = \frac{\text{Tempo Líquido}}{\text{Tempo Operacional}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{Tempo Líquido} = \text{Tempo Operacional} - \text{Produção Normal} - \text{Produção Anormal} \quad (4)$$

$$IQ = \frac{\text{Tempo Efetivo Operacional}}{\text{Tempo Líquido}} \times 100\% \quad (5)$$

$$\text{Tempo Efetivo Operacional} =$$

$$\text{Tempo Líquido} - \text{Produto Defeituoso} - \text{Reprocessamento} \quad (6)$$

$$OEE = IP \times IPO \times IQ \quad (7)$$

Vale ressaltar que nem todos os processos contínuos possuem as oito perdas no seu sistema, sendo assim, o OEE pode ser formado apenas pelo índice de produção e pelo índice de performance operacional como é o caso da extração do petróleo.

2.6 Indústria Petrolífera

Para Cardoso (2006, p. 09-10), o petróleo já era usado por egípcios, fenícios, sumérios, gregos e outras civilizações muito antes da sua exploração comercial. Utilizado como matéria-prima na pavimentação de estradas, na construção civil como aglutinante de tijolos, na calafetação de embarcações, na decoração e impermeabilização de potes de cerâmica, o petróleo só foi explorado para fins comerciais propriamente dito, em 1859 em Pittsburg, na Pensilvânia, EUA.

Thomas (2001, p. 03) afirma que em 1858, no Brasil, o Marquês de Olinda assinou o Decreto 2.266 concedendo à José Barros Pimentel o direito de extrair mineral betuminoso na província da Bahia, próximo ao Rio Marau, para a fabricação de querosene. As pesquisas referentes ao Petróleo no Brasil datam de 1891, no estado de Alagoas, mas somente em 1897 foi perfurado o primeiro poço com o objetivo de encontrar petróleo em Bofete, município de São Paulo.

Segundo Thomas (2001, p. 03), aproximadamente 80 poços já tinham sido perfurados no Brasil até o final de 1939, mas somente em 1941 foi descoberto o primeiro campo comercial de petróleo, em Candeias, BA. Percebendo o potencial do Brasil na indústria petrolífera, em 1953, no governo Vargas, foi criada a Petrobras, dando início definitivamente às pesquisas no ramo.

Cardoso (2006, p. 09), afirma que, com o avanço da tecnologia e das pesquisas no ramo petrolífero, atualmente o petróleo deixou de ser utilizado somente como fonte de energia (seu principal uso) e pode ser encontrado em vários produtos do nosso dia a dia estando presente nos plásticos, tintas, resinas, embalagens, estofados, corantes, borrachas sintéticas, adesivos, solventes, detergentes, produtos farmacêuticos, cosméticos, explosivos, etc.

Segundo Corrêa (2003, p. 11), o petróleo é produto da decomposição da matéria orgânica armazenada em sedimentos (rochas geradoras), que migra através de aquíferos e fica aprisionado em reservatórios (rochas reservatório). Após a confirmação da existência da rocha reservatório, o poço é perfurado e, com o auxilio de um método de elevação começa a produzir um fluido composto por gás, óleo e água.

O método de elevação é escolhido de acordo com as características do reservatório e do petróleo produzido. Os métodos de elevação mais utilizados no mundo são: Gás-lift contínuo e intermitente (GLI e GLC), Bombeio Centrífugo Submerso (BCS), Bombeio por Cavidades Progressivas (BCP) e Bombeio Mecânico (BM).

Figura 3 - Bombeio centrífugo submerso



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Segundo Cardoso (2006, p. 52) o Gás-lift é usado para poços com profundidade elevada (2.400 metros, em média) e consiste no aumento da pressão do reservatório através da injeção de gás comprimido, permitindo a condução do fluido até a superfície. Esse método é bastante utilizado por ser uma opção de baixo custo para poços com grande profundidade.

Thomas (2001, p. 233) afirma que o Bombeio Centrífugo Submerso é um método de elevação que utiliza uma bomba centrífuga para elevar o petróleo até a superfície. A energia elétrica é transmitida para o motor de fundo através de cabos elétricos, nele essa energia é transformada em energia mecânica fazendo com que a bomba gire e transmita a energia para o fluido em forma de pressão.

Na ótica do mesmo autor, o Bombeio por Cavidades Progressivas é um método de elevação artificial onde a energia é transmitida ao fluido através de uma bomba de deslocamento positivo (constituída por rotor e estator) que trabalha imersa em poço de petróleo. O rotor ao girar no interior do estator eleva o fluido através das cavidades formadas devido ao seu formato helicoidal fazendo com que ele desloque-se do fundo do poço à superfície.

Figura 4 - Bombeio por cavidades progressivas

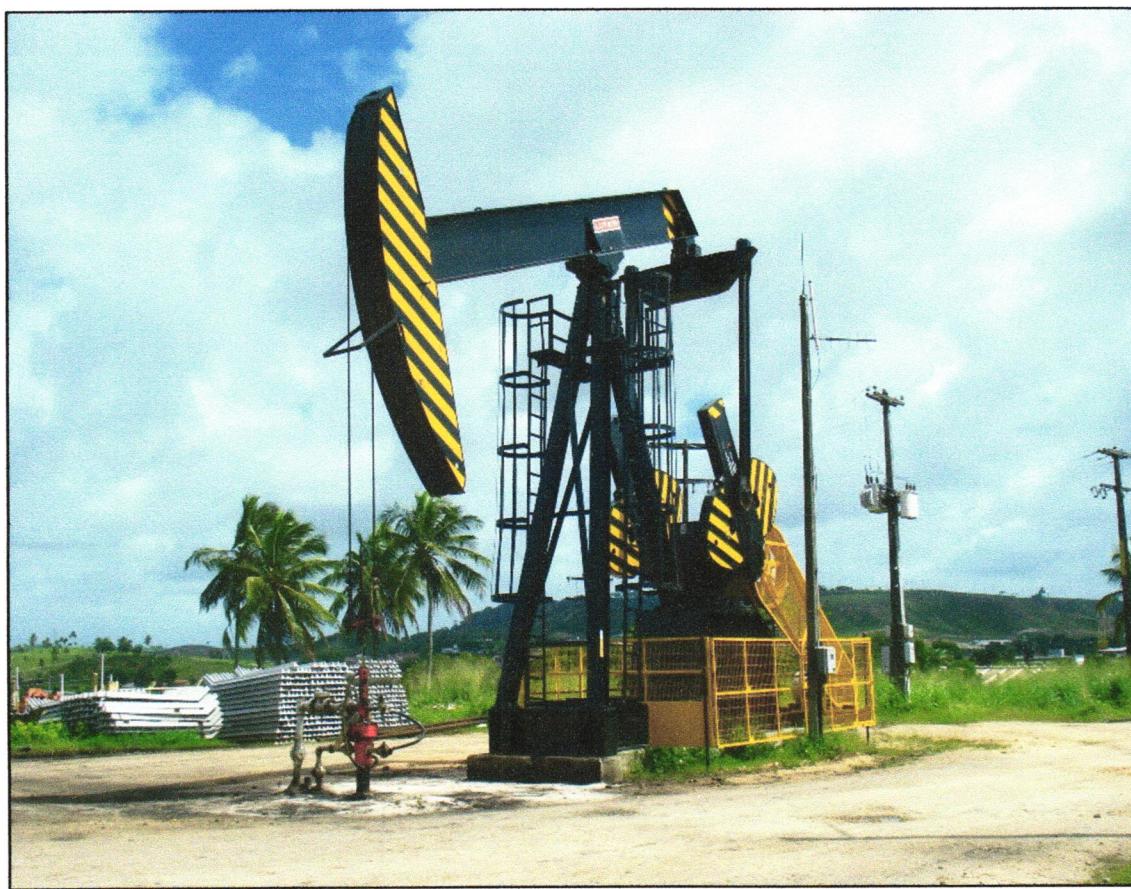


Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Cardoso (2006, p. 53) afirma que o Bombeio Mecânico é o mais conhecido e utilizado em todo o mundo. Popularmente conhecido como “cavalo de pau”, esse método tem seu princípio de funcionamento baseado na transformação de um movimento rotativo de um motor, através de uma unidade de bombeio (UB), em um movimento alternativo, que através de uma coluna de hastes, transmite esse movimento alternativo para uma bomba localizada no fundo do poço e esta eleva o fluido através da coluna de produção até a superfície.

No campo de Carmópolis são utilizados os métodos BCS, BCP e BM. A maioria dos poços são equipados com Bombeio Mecânico e estes falham por vários motivos. As ferramentas da qualidade auxiliarão na classificação dos motivos de maiores paradas e na identificação de suas causas.

Figura 5 - Bombeio mecânico



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

3 METODOLOGIA

Conforme Ubirajara (2013, p. 23), esta seção é dedicada à descrição dos métodos e procedimentos adotados no desenvolvimento deste trabalho.

Marconi; Lakatos (2003, p. 83) descrevem método como sendo a forma de se alcançar o objetivo, através de atividades sistêmicas e racionais, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista.

3.1 Natureza do Estudo

Baseado na explicação de Gil (2010, p. 37), este estudo caracteriza-se como estudo de caso, pois consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento. Apesar de ser um estudo, Ubirajara (2013, p. 24) afirma que não é o seu papel deduzir leis ou teorias, nem mesmo propor hipóteses gerais candidatas a essas.

O presente estudo de caso foi desenvolvido no campo de exploração de petróleo situado em Carmópolis SE, com o intuito de identificar os motivos das paradas dos poços produtores de petróleo utilizando as ferramentas da qualidade.

3.2 Caracterização da Pesquisa

A pesquisa é um “procedimento reflexivo, sistemático, controlado e crítico, que permite descobrir novos fatos ou dados, relações ou leis, em qualquer campo do conhecimento.” (ANDER-EGG (1978:28) *apud* MARCONI; LAKATOS, 2003, p. 155).

Conforme explica Ubirajara (2013, p. 27) as pesquisas são caracterizadas quanto aos objetivos, ao objeto e à abordagem (tratamento) dos dados.

3.2.1 Quanto aos objetivos ou fins

Conforme Ubirajara (2013, p. 25) a pesquisa de caso pode ser caracterizada

como exploratória, descritiva e explicativa. Segundo Gil (2010, p. 27-28), a primeira tem como propósito proporcionar familiaridade com o tema, a segunda visa identificar possíveis relações entre variáveis, tendo como objetivo descrever (estudar) as características de uma população e por fim, a terceira tem como objetivo identificar fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos, sua finalidade é explicar a razão, o porquê das coisas.

Este trabalho possui característica descritiva e explicativa porque além de identificar relações entre acontecimentos também busca fatores que contribuem para a ocorrência de fenômenos.

3.2.2 Quanto ao objeto ou meios

Quanto aos meios, uma pesquisa pode ser experimental, bibliográfica, documental ou de campo.

Na ótica de Gil (2010, p. 29), a pesquisa bibliográfica se faz presente na grande maioria dos trabalhos acadêmicos, visto que em algum momento do estudo, faz-se necessário realizar uma pesquisa através de material já publicado. Ubirajara (2013, p. 46) afirma que a documental assemelha-se a pesquisa bibliográfica, porém utiliza-se das fontes que não receberam tratamento analítico. Já a pesquisa de campo possui “conceitos concebidos a partir de observações: diretas, registrando-se o que se vê [...] e indiretas, por meio de questionários, opinários ou opinionários, formulários, etc.” (UBIRAJARA, 2013, p. 46).

A pesquisa experimental “nada mais é do que a comparação entre um fator estudado e sua relação com os demais analisando suas influências.” (GIL 2010, p. 31 apud RIBEIRO, 2013, p. 28). Ubirajara (2013, p. 46), completa ao afirmar que a experimental é a que representa o melhor exemplo de pesquisa científica.

Diante dos conceitos acima apresentados, podemos afirmar que este estudo é bibliográfico, porque apresenta conceitos já publicados em outras obras, documental por utilizar dados registrados em tabelas virtuais da empresa, de campo pelo fato de ser realizado na empresa e experimental a partir do momento que aplica-se as ferramentas da qualidade.

3.2.3 Quanto ao tratamento dos dados

Quanto à abordagem dos dados, Ubirajara (2013, p. 47) afirma que a pesquisa pode ser qualitativa, caso o estudo objetive uma análise de compreensão e interpretação do problema ou fenômeno, quantitativa se estiverem presentes somente dados mensuráveis ou perfis estatísticos ou qualquantitativos caso possua as duas características anteriores.

A primeira parte deste estudo representa uma pesquisa quantitativa, pois os dados das paradas dos poços serão tratados de forma estatística, na segunda parte do trabalho, onde será realizada uma análise dos maiores problemas, a pesquisa caracteriza-se como qualitativa, o que a torna qualquantitativa.

3.3 Instrumentos de Pesquisa

De acordo com Marconi; Lakatos (2003, p. 166), existem várias técnicas para a realização da pesquisa, algumas delas são: coleta documental, observação, entrevista, questionário, entre outras.

Na ótica das mesmas autoras, uma pesquisa documental tem como característica o fato de que a fonte de coleta de dados está restrita a documentos, escritos ou não, constituindo o que se denomina de fonte primária.

Elas ainda definem a observação como sendo uma técnica de coleta de dados para conseguir informações utilizando os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade. Essa técnica não consiste apenas em ver ou ouvir, mas também em examinar fatos ou fenômenos que se desejam estudar.

A entrevista, segundo Marconi; Lakatos (2003, p. 195), é um encontro entre duas pessoas, no qual uma delas obtém informações a respeito de determinado assunto, mediante uma conversação de natureza profissional.

Segundo Mattar (2007, p. 104 apud Ubirajara 2013, p. 27), o questionário é o documento no qual são apresentadas as perguntas realizadas aos respondentes contendo os registros das respostas e coletas de dados.

Esse trabalho utilizará a pesquisa documental para obter os dados que serão tratados e analisados durante o estudo com o intuito de atingir os objetivos gerais e específicos.

3.4 Unidade, Universo e Amostra da Pesquisa

A unidade da pesquisa é o local onde a mesma foi realizada. O estudo foi desenvolvido no Campo de Carmópolis, localizado no interior de Sergipe, mais precisamente na Área 2 (elevação) que é dividida em 3 subáreas (Santo Antônio, Santa Bárbara e Oiteirinhos 2).

Na Área 2 existem 239 poços produtores de petróleo equipados com Bombeio Mecânico divididos entre as subáreas da seguinte forma: Santo Antônio (59 poços), Santa Bárbara (66 poços) e Oiteirinhos 2, (112 poços). Mesmo tendo um grande número de ocorrências nesses poços em um ano (período de levantamento dos dados), o estudo será realizado em todos os poços, exceto naqueles que tiveram seu método de elevação modificado durante o período da coleta de dados, foram esses: CP-0018, CP-0077, CP-0226, CP-0337, CP-0480, CP-0495, CP-1298, CP-1663 e CP-1727.

3.5 Definição das Variáveis

“Entende-se por variável um valor ou uma propriedade (característica por exemplo), que pode ser medida através de diferentes mecanismos operacionais que permitem verificar a relação/conexão entre estas características ou fatores.” (GIL, 2005 apud UBIRAJARA, 2003, p. 125).

Baseado nos objetivos específicos, as variáveis e indicadores deste trabalho estão listadas no quadro a seguir.

Quadro 1 - Variáveis e indicadores da pesquisa

Variável	Indicadores
Caracterizar os métodos de elevação	Bombeio Centrífugo Submerso
	Bombeio por Cavidade Progressiva
	Bombeio Mecânico
Classificar os motivos das maiores paradas	Diagrama de Pareto
Identificar as causas das paradas	Brainstorming
	Diagrama de causa e efeito
Elaborar plano de ação	SW1H
Analizar a Eficiência Global do Equipamento	OEE

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

3.6 Plano de Registro e Análise dos Dados

Os dados das paradas dos poços foram coletados no Sistema de Informação da Produção – SIP, programa utilizado pela Petrobras para registrar todas as ocorrências dos poços e outros dados. Para conseguir exportar os dados para o Excel foi necessário executar os seguintes passos: realizar login no SIP (caso o usuário não tenha acesso ao sistema, deve solicitá-lo ao seu gerente), selecionar a opção Módulo Base, selecionar a aba Consulta, Ocorrências e Providências, Consulta Ocorrências e Providências no Período.

Outra janela será aberta e nela devem ser preenchidos os seguintes campos: Unid. Oper. “120” (que representa a Unidade Operacional Sergipe-Alagoas), Poço-Coluna (digitar o poço desejado) “CP-0034”, Período de “01/02/2013” até “31/01/2014”. Em seguida devemos selecionar as informações desejadas: “Grupo Motivo”, “Motivo”, “Grupo Providência”, “Providência” e “Responsável”. Ao selecionar as opções, o programa gera um quadro com as informações solicitadas além de tempo de parada e volume de óleo perdido para cada ocorrência. Ao finalizar a consulta deve-se clicar no ícone “exportar para planilha Excel”.

As informações colhidas e exportadas para o Excel foram tratadas e geraram o gráfico de Pareto. Com as ocorrências priorizadas, foi realizado Brainstorming com os colaboradores responsáveis pelos equipamentos onde as falhas ocorreram. O Visio foi utilizado para construir os diagramas de causa e efeito com as informações colhidas no Brainstorming. Por fim, construíram-se planos de ação para os problemas identificados.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Nesta seção, além de detalhar os métodos de elevação, os motivos das paradas dos poços equipados com BM serão classificados com o auxílio do diagrama de Pareto e as causas das principais paradas serão determinadas através do diagrama de Ishikawa, em seguida, ações de melhoria serão apresentadas através do 5W1H e por último será calculado o OEE do sistema para simular possíveis ganhos pondo em prática as ações sugeridas.

4.1 Métodos de elevação

Quando o reservatório possui uma pressão suficiente para elevar o petróleo até a superfície, diz-se que o poço produz por elevação natural ou que ele é surgente. Caso a pressão do reservatório não seja suficiente, a extração do petróleo é realizada através da elevação artificial, essa elevação pode ser realizada utilizando vários métodos, cujos principais são: Gás-lift, BCS, BCP e BM.

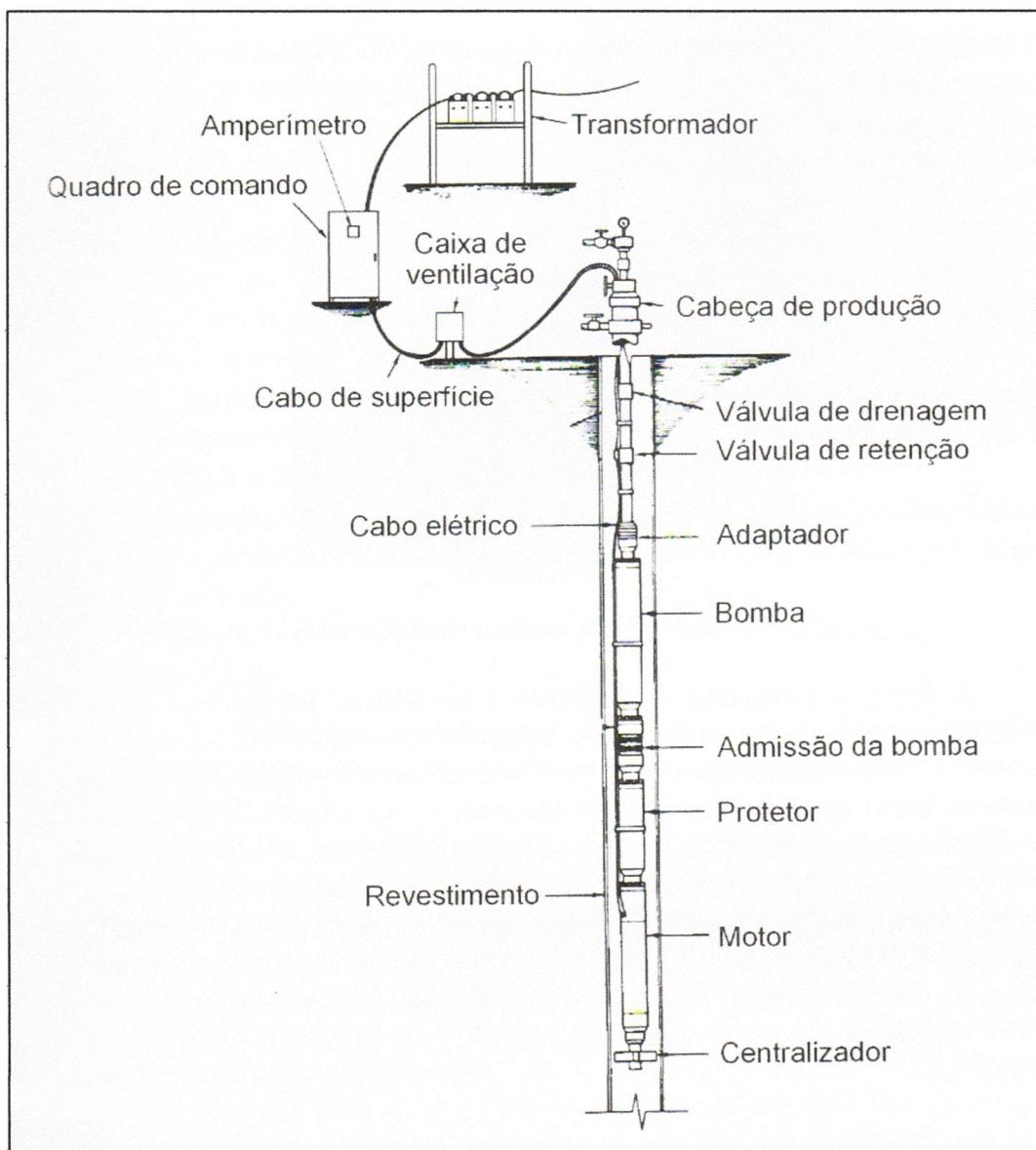
Em Carmópolis, o petróleo é extraído através de métodos artificiais, os reservatórios encontram-se a uma profundidade aproximada de 650 metros e o campo é considerado maduro, ou seja, um campo antigo. Na recuperação do óleo (extração), o Gás-lift não é utilizado e o método mais encontrado é o BM, objeto deste estudo.

No Bombeio Centrífugo Submerso, assim como nos outros métodos, o fluido sai da rocha reservatório e desloca-se para a região da bomba de fundo após passar pelos canhoneados (furos nos tubos de revestimento que fazem a comunicação entre a rocha reservatório e o interior do poço). Ao chegar à bomba centrífuga, o fluido passa no interior desta e ganha energia potencial para conseguir deslocar-se no interior da coluna de produção chegando à superfície.

Os equipamentos de subsuperfície do BCS são a bomba, admissão da bomba, protetor, motor elétrico e cabos elétricos. Os equipamentos de superfície são uma fonte de energia (que pode ser a rede elétrica ou um gerador), quadro de comandos, variador de velocidade, transformador e cabeça de produção. O controle

do funcionamento do BCS é feito através de cartas de amperagem (que registram a corrente elétrica do motor constantemente), teste de produção (onde são medidas a vazão, e algumas propriedades do petróleo), nível do fluido no anular e da medição de pressão na cabeça de produção.

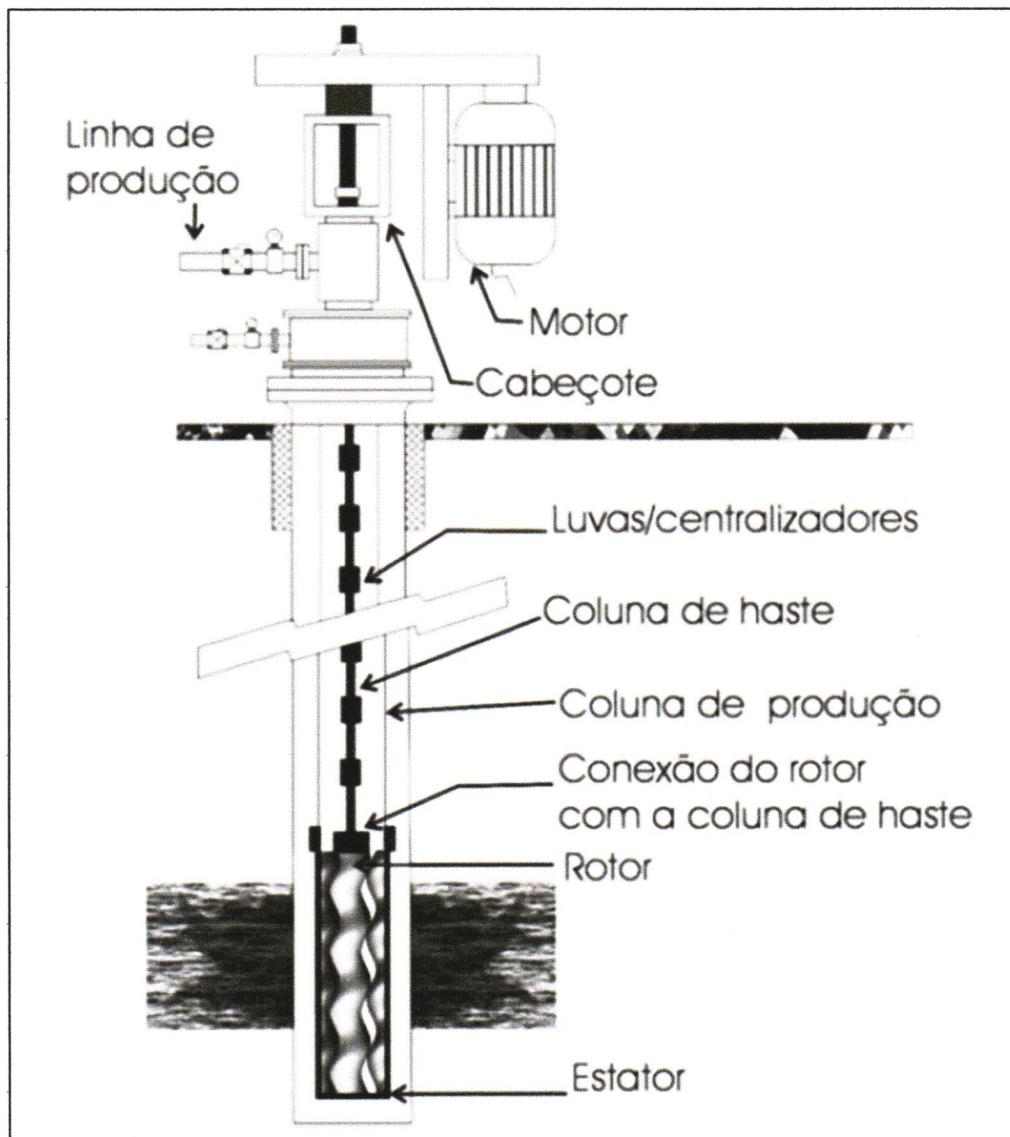
Figura 6 - Componentes do bombeio centrífugo submerso



Fonte: Adaptado de Thomas (2004, p. 235)

No Bombeio por Cavidade Progressiva o fluido desloca-se da rocha reservatório ao interior da coluna de produção até chegar à bomba. Ele percorre o interior da bomba através dos espaços formados dentro do estator (componente da bomba de fundo semelhante a um tubo revestido internamente com elastômero). Este espaço existe devido ao formato do rotor (haste de metal fabricada com formato helicoidal, localizada no interior do estator).

Figura 7 - Componentes do bombeio por cavidades progressivas

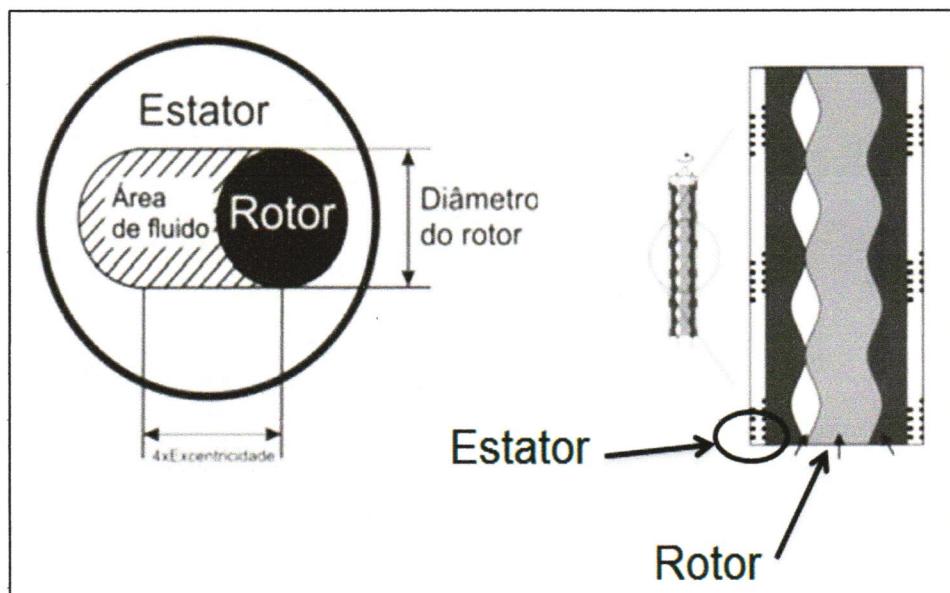


Fonte: Adaptado de Targino Vidal (2005, p. 4)

O rotor é conectado à um conjunto de hastes que ligam o cabeçote (equipamento localizado na superfície) à bomba de fundo. O motor elétrico acoplado ao cabeçote gera uma rotação que é transmitida à coluna de hastes através de correias. A coluna de hastes transfere essa rotação para o rotor que ao girar desloca o fluido no interior do estator devido ao aumento de pressão e faz com que o fluido percorra a coluna de produção até chegar à superfície.

Os equipamentos de subsuperfície do BCP são bomba e coluna de hastes. Os de superfície são cabeçote, motor, quadro de comando e cabeça de produção. Neste método de elevação o controle de funcionamento é feito através de testes de produção, medição da pressão na cabeça de produção, acompanhamento da amperagem, rotação da bomba, torque na haste e nível de fluido no anular.

Figura 8 - Componentes da bomba de cavidades progressiva



Fonte: Adaptado de Targino Vidal (2005, p. 22- 24)

No bombeio mecânico o fluido é transportado para a superfície através da coluna de produção com o auxílio de uma bomba de deslocamento positivo localizada na extremidade inferior da coluna de hastes. O movimento ascendente e descendente da coluna de hastes movimenta o pistão localizado no interior da camisa da bomba e desloca o fluido no interior da coluna de produção até a superfície.

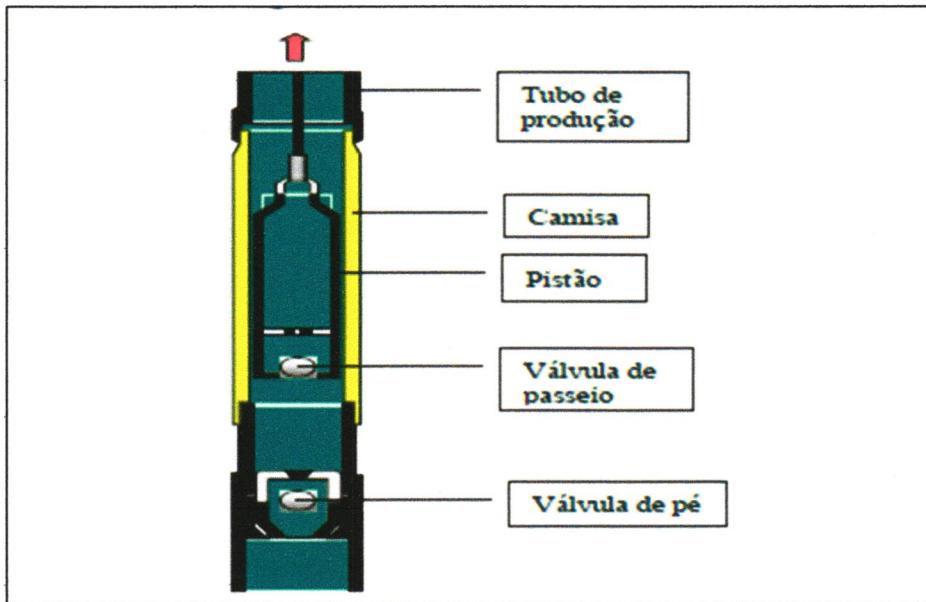
Os equipamentos de subsuperfície do BM são bomba de fundo, coluna de hastes e coluna de produção. Os de superfície são motor, estrutura da unidade de bombeio, quadro de comando e cabeça de produção. O acompanhamento de funcionamento do poço é feito através do teste de produção, carta dinamométrica (através da qual é possível identificar possíveis falhas ou mau funcionamento do poço), medição da pressão na cabeça de produção, acompanhamento da amperagem e nível de fluido no anular.

4.1.1 Principais componentes do bombeio mecânico

4.1.1.1 bomba de fundo

Fornece energia ao fluido através do diferencial de pressão existente entre sua admissão e descarga. Seus principais componentes são camisa, pistão e válvulas.

Figura 9 - Bomba de fundo



Fonte: Adaptado de (OLIVEIRA 2010, apud SOUZA, 2013, p. 7)

4.1.1.2 coluna de hastes

Conjunto de barras de aço cuja função é transmitir o movimento alternativo da UB até a bomba de fundo.

4.1.1.3 coluna de tubos

Composta por tubos de produção, unidos através de luvas, cuja função é sustentar a bomba de fundo e conduzir o petróleo até a superfície.

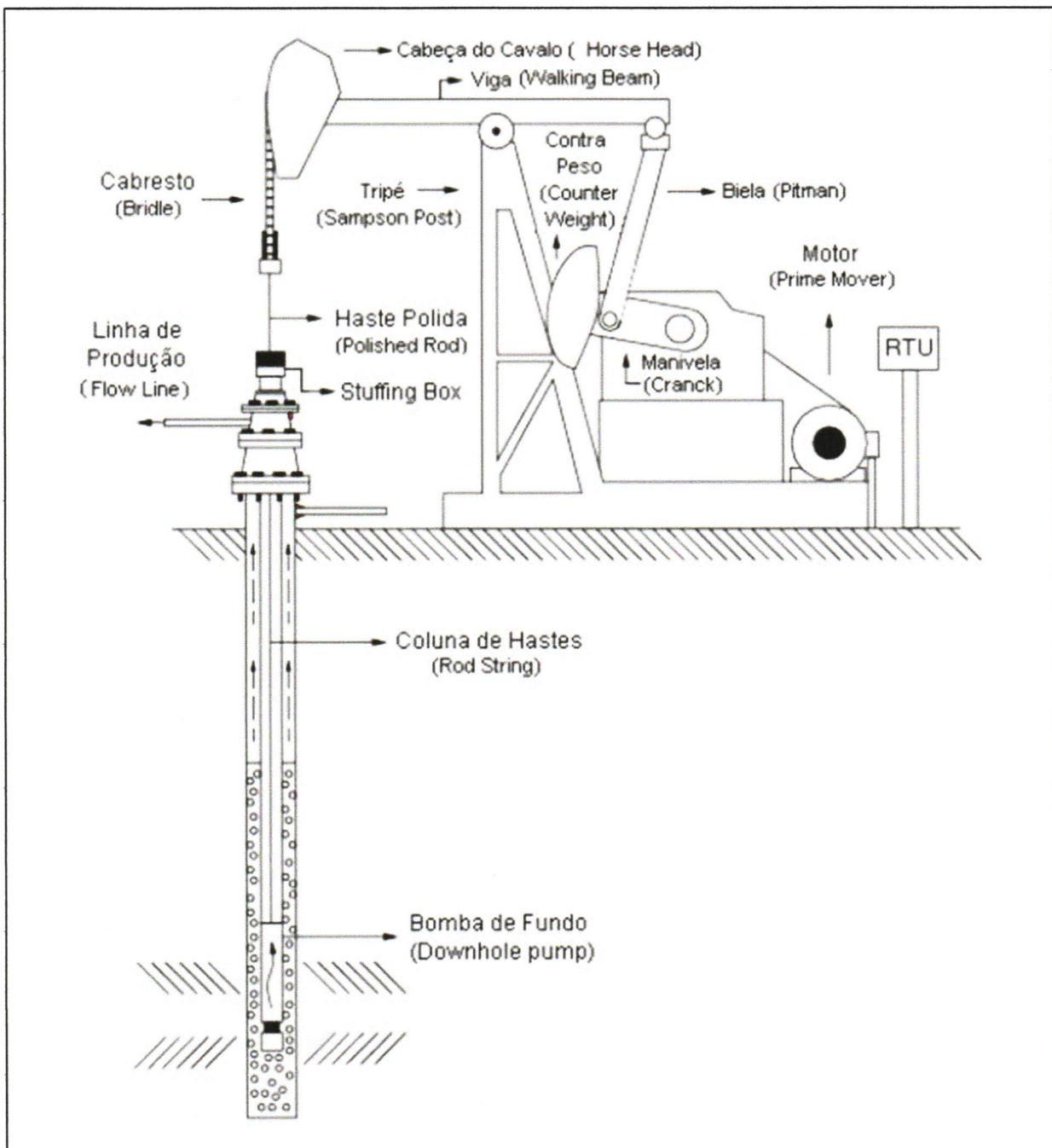
4.1.1.4 unidade de bombeio

A função da UB é transformar o movimento rotativo do motor em um movimento vertical de baixa velocidade e transmitir esse movimento vertical para a coluna de hastes. Existem vários tamanhos de UB, sua escolha varia de acordo com a vazão total produzida e pela profundidade do poço.

4.1.1.5 motor

Equipamento utilizado para movimentar a unidade de bombeio.

Figura 10 - Partes da unidade de bombeio



Fonte: Adaptado de Nascimento (2005, p. 33)

4.2 Classificação das paradas dos poços

Para classificar as paradas dos poços, foi realizado um levantamento de todas as paradas que ocorreram no período de 01/02/2013 a 31/01/2014. Nesse intervalo de tempo, os 230 poços em estudo pararam aproximadamente 7.732 vezes. As paradas ocasionadas pelos mesmos motivos foram agrupadas e tiveram

suas durações somadas. O Quadro seguinte apresenta todos os motivos de paradas de todos os poços analisados e o somatório das durações.

Quadro 2 - Motivos e durações das paradas dos poços.

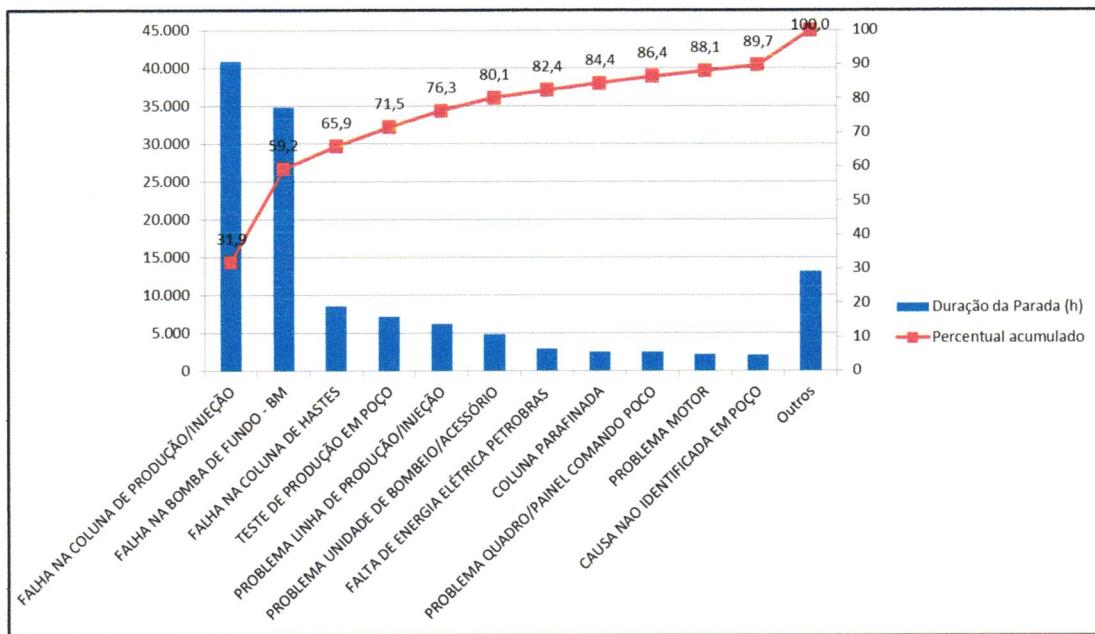
Motivos	Duração (h)
Falha na coluna de produção/injeção	40818,22
Falha na bomba de fundo – BM	34817,45
Falha na coluna de hastes	8560,38
Teste de produção em poço	7132,32
Problema na linha de produção/injeção	6216,45
Problema na unidade de bombeio/acessórios	4837,35
Falta de energia elétrica (Petrobras)	2931,09
Coluna parafinada	2548,95
Problema em quadro/painel de comando	2489,36
Problema no motor	2209,97
Causa não identificada em poço	2086,26
Proteção ao meio ambiente	2032,27
Falta de energia elétrica (concessionária)	1401,57
Operação em poço vizinho	1324,53
Vandalismo ou furto	1261,27
Problema no sistema de descarte de água	1247,88
Haste polida danificada	800,42
Montagem/desmontagem UB	784,84
Segurança operacional	744,53
Redimensionamento de equipamento de superfície	738,83
Falha em equipamento elétrico	667,90
Problema árvore de natal/cabeça de produção	560,48
Problema instrumentação e controle de poço	523,78
Incrustação/parafinação de reservatório	377,10
Problema no cabresto	231,00
Problema no alinhamento da unidade de bombeio	178,92
Produzindo com perda	104,92
Problema no transformador do poço	59,74
Problema Manifold	39,30
Problema no sistema de tratamento de água	26,42
Ausência de hidrocarbonetos	17,17
Redimensionamento método de elevação	1,53

Fonte: Adaptado do Sistema de Informação da Produção – SIP da Petrobras.

Após realizar o somatório e classificar as paradas, utilizou-se o diagrama de Pareto para identificar quais paradas devem ser analisadas prioritariamente com o intuito de minimizar a perda de produção. Para melhor visualização do gráfico, os

motivos que encontram-se abaixo do item *causa não identificada em poço* na tabela acima, foram reunidos e aparecem no gráfico como *outros*.

Gráfico 1 - Diagrama de Pareto



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Após elaborar o gráfico de Pareto, percebe-se que apenas 6 motivos (falha na coluna de produção/injeção, falha na bomba de fundo – BM, falha na coluna de hastes, teste de produção em poço, problema na linha de produção/injeção e problema na unidade de bombeio acessórios) dos 32 listados no Quadro 2, representam mais de 80% do tempo que os poços ficaram parados.

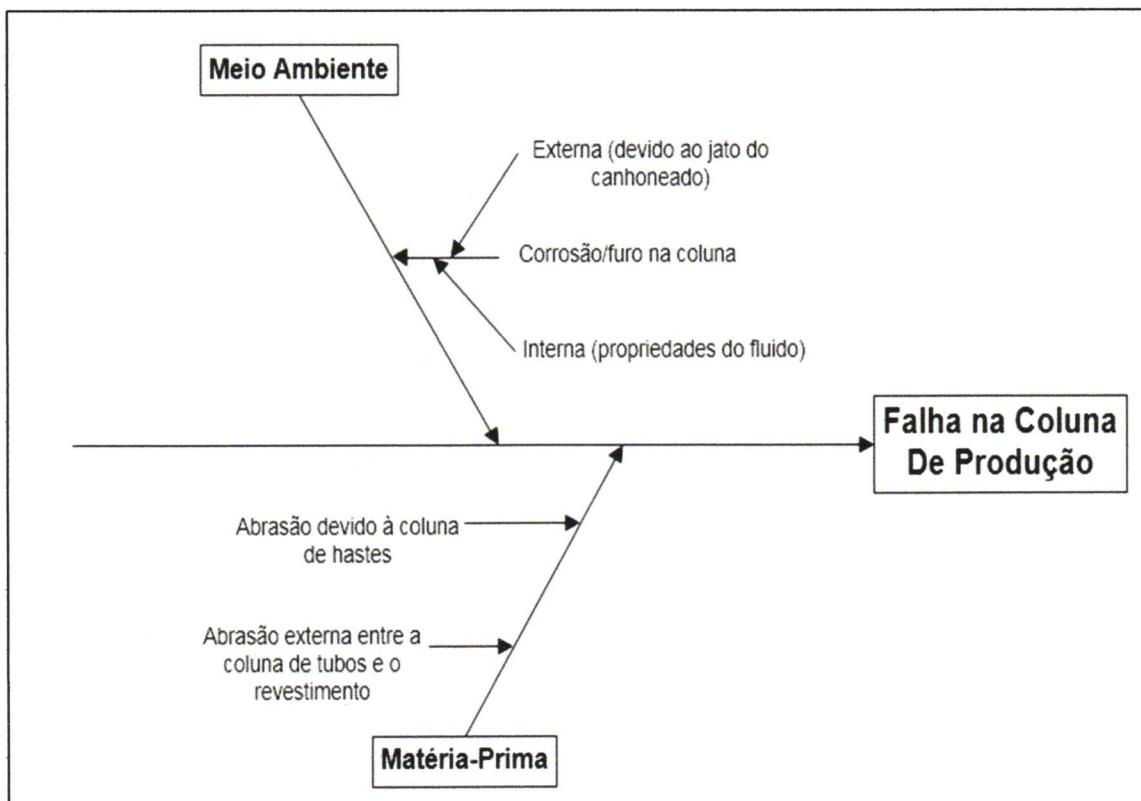
Vale ressaltar que as três maiores falhas identificadas no diagrama de Pareto só podem ser solucionadas com intervenção da equipe de sonda. A intervenção da sonda tem um custo elevado e poucas equipes realizam esse trabalho, por ter um quantitativo pequeno de equipes, os poços são inseridos em uma fila de espera (poços com maior produção tem prioridade) e podem ficar vários dias aguardando a intervenção da sonda para solucionar o problema, a depender da sua produção.

Geralmente a intervenção propriamente dita dura de 1 a 3 dias, e além disso, existe também o tempo para reposicionar a unidade de bombeio após a intervenção da sonda para que o poço volte a operar.

4.3 Identificação dos motivos das paradas

Após identificar os principais motivos das paradas dos poços, foram realizadas algumas reuniões com os responsáveis pela identificação das falhas e pela manutenção dos equipamentos para a realização de um brainstorming com o intuito de identificar possíveis motivos para a ocorrência das falhas detectadas. Realizado o brainstorming, foram elaborados diagramas de causa e efeito para cada um dos seis motivos encontrados como vitais no diagrama de Pareto.

Figura 11 - Diagrama de causa e efeito (falha na coluna de produção)



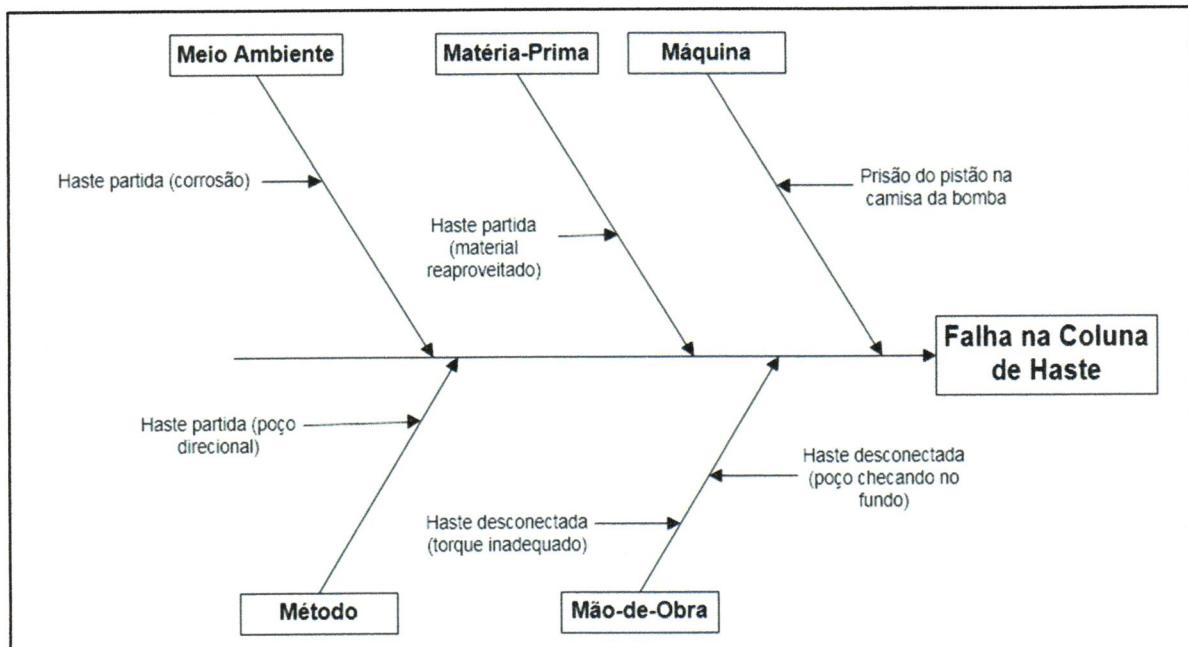
Fonte: Adaptado de Ballester-Alvarez (2012, p.113).

Os possíveis motivos que levam a falha na coluna de produção são furo ou rasgo na coluna. O primeiro é consequência da corrosão, podendo ser externa, devido ao jato proveniente do canhoneado, ou interna, ocasionada pelas propriedades do fluido. O segundo é causado pela abrasão que ocorre entre a coluna de haste e a coluna de produção (coluna de tubos) ou entre a coluna de produção e o revestimento.

A falha na coluna de hastes pode ocorrer por ruptura da haste ou quando a haste desenrosca da luva. A ruptura pode ser causada devido ao uso de hastes reaproveitadas, ao excesso de esforço sofrido quando o poço é direcional (poço que não é totalmente vertical, sofrendo pequenas inclinações até chegar ao reservatório), por corrosão ou quando o pistão prende na camisa da bomba.

Para que a haste desenrosque da luva, é necessário que o poço esteja *checando no fundo* (quando a extremidade inferior do pistão fica batendo na válvula de pé) fazendo com que as hastas flambem e as roscas folguem, ou que o torque dado no conjunto luva/haste esteja inadequado.

Figura 12 - Diagrama de causa e efeito (falha na coluna de hastas)



Fonte: Adaptado de Ballester-Alvarez (2012, p.113).

O terceiro maior problema encontrado foi a falha na bomba de fundo. Assim como os outros componentes, a falha na bomba também pode ocorrer devido à corrosão, sendo ela interna (por causa dos componentes do petróleo) ou externa caso a camisa da bomba esteja localizada em frente aos canhoneados.

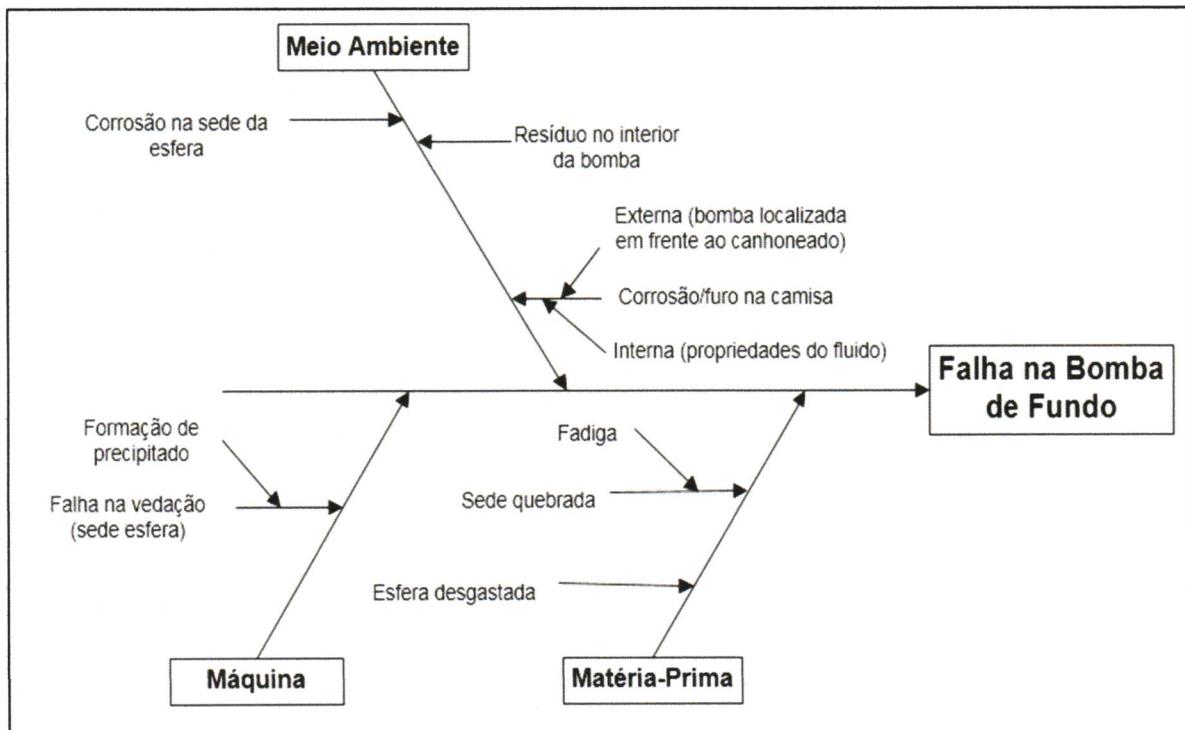
Figura 13 - Conjunto sede/esfera



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Outras causas de falha são formação de precipitados que eliminem a vedação do conjunto sede/esfera e resíduos no interior da bomba (geralmente areia proveniente dos reservatórios). Ainda no conjunto sede/esfera, pode ocorrer a quebra da sede por conta da fadiga ou o desgaste da sede ou esfera mudando sua área de contato e causando vazamento.

Figura 14 - Diagrama de causa e efeito (falha na bomba de fundo)



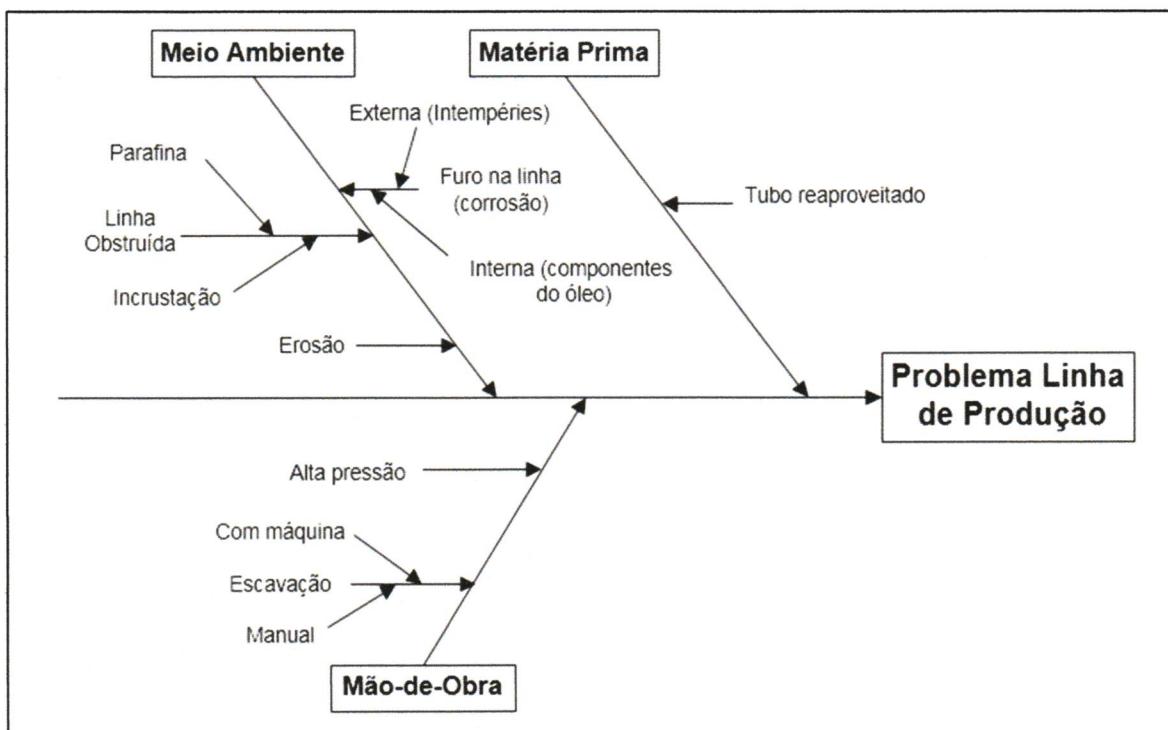
Fonte: Adaptado de Ballester-Alvarez (2012, p.113).

O próximo problema a ser analisado é na linha de produção. Chama-se linha de produção o conjunto de tubos enroscados de 3" ou 4" que transportam o óleo produzido no poço até um satélite (equipamento que reúne o óleo produzido em vários poços, ver Apêndice D) e do satélite até uma estação coletora de óleo ou diretamente do poço à estação coletora.

A linha de produção pode ser de aço ou de fibra de vidro. As linhas de aço sofrem corrosão interna devido aos componentes do próprio óleo e externa por causa das intempéries. Quando essa corrosão está elevada, a linha fura e o poço deve ser parado para realização do reparo. Algumas vezes, o aumento da pressão proveniente de alguma obstrução na linha ou falha operacional facilita a ocorrência do furo em algum ponto já fragilizado por corrosão. O reaproveitamento e o tempo de uso das linhas são outros fatores que colaboram para que estas falhem mais rápido.

Em linhas de fibra de vidro, a falha pode ocorrer quando é realizada alguma escavação, seja ela mecânica ou manual, e os dentes da retroescavadeira ou a ponta da picareta atingem a linha causando o seu rompimento. Um fato raro, mas que também acontece, é a ruptura da linha de fibra de vidro ocasionada por erosão do terreno, visto que, elas não são resistentes às forças cisalhante e de flexão. Outro problema que ocorre nas linhas em geral é a obstrução por parafina ou pela deposição de incrustações e precipitados.

Figura 15 - Diagrama de causa e efeito (problema na linha de produção)

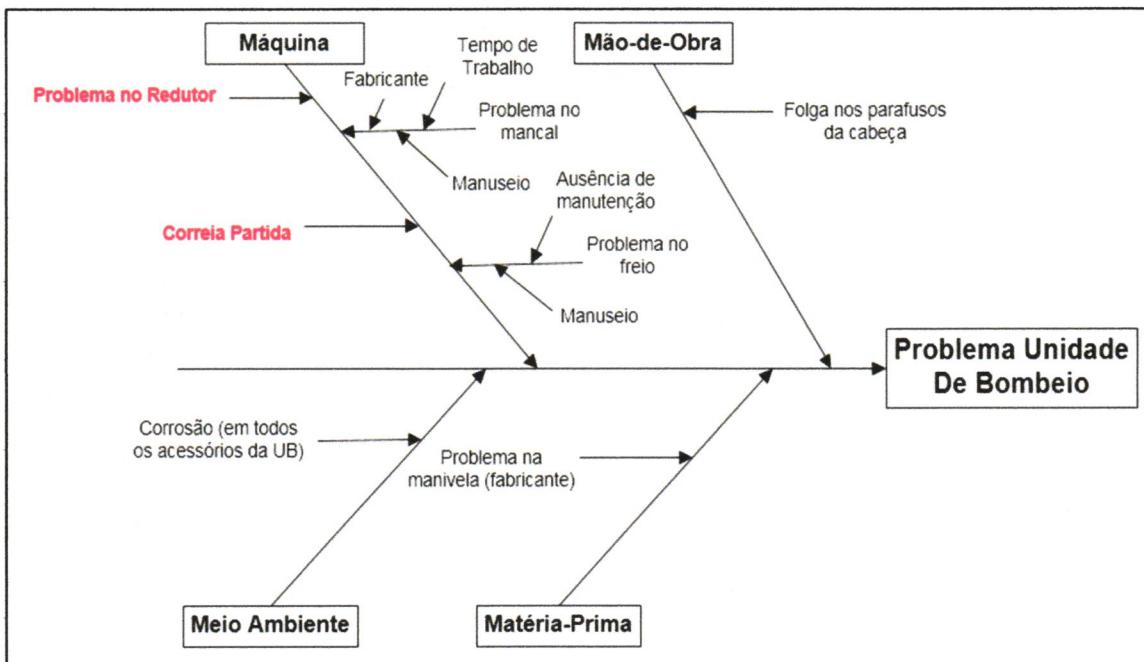


Fonte: Adaptado de Ballester-Alvarez (2012, p.113).

O próximo motivo de parada a ser analisado é o problema na unidade de bombeio e seus acessórios. Visto que a unidade de bombeio é composta por vários componentes, o diagrama desse problema ficou um pouco extenso, sendo necessário realizar um Ishikawa separado para os defeitos Problema no redutor e Correias partidas.

Da mesma forma que em problemas anteriores, a corrosão também é um dos motivos de falha na UB e pode atingir todos os seus acessórios. No mancal, o tempo de trabalho, fabricante e o manuseio no momento da troca do curso podem ocasionar a parada do poço. Causas raras, mas que podem acontecer são problemas na manivela, geralmente associados ao fabricante e na cabeça da UB devido a folgas nos parafusos.

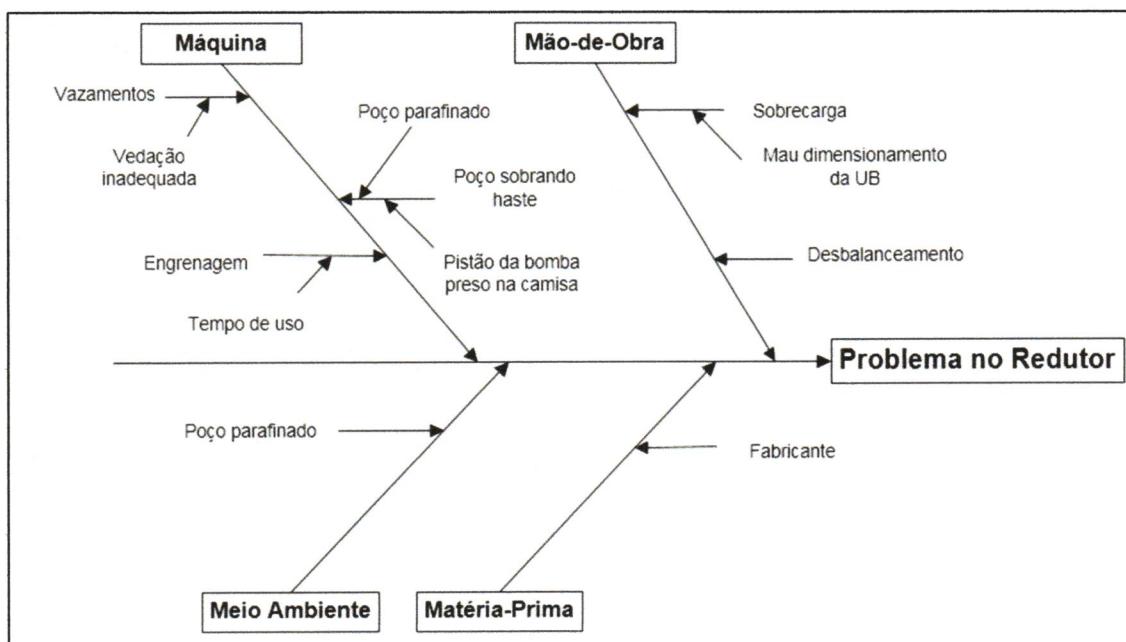
Figura 16 - Diagrama de causa e efeito (problema unidade de bombeio)



Fonte: Adaptado de Ballester-Alvarez (2012, p.113).

Ausência de manutenção e o mau uso por conta dos operadores podem causar problema no freio, a unidade de bombeio não deixa de operar por causa desse problema, no entanto, pode ficar parada por mais tempo caso algum reparo não seja realizado por conta desta falha, visto que a unidade deve ser parada e freiada para realização de consertos.

Figura 17 - Diagrama de causa e efeito (problema no redutor)

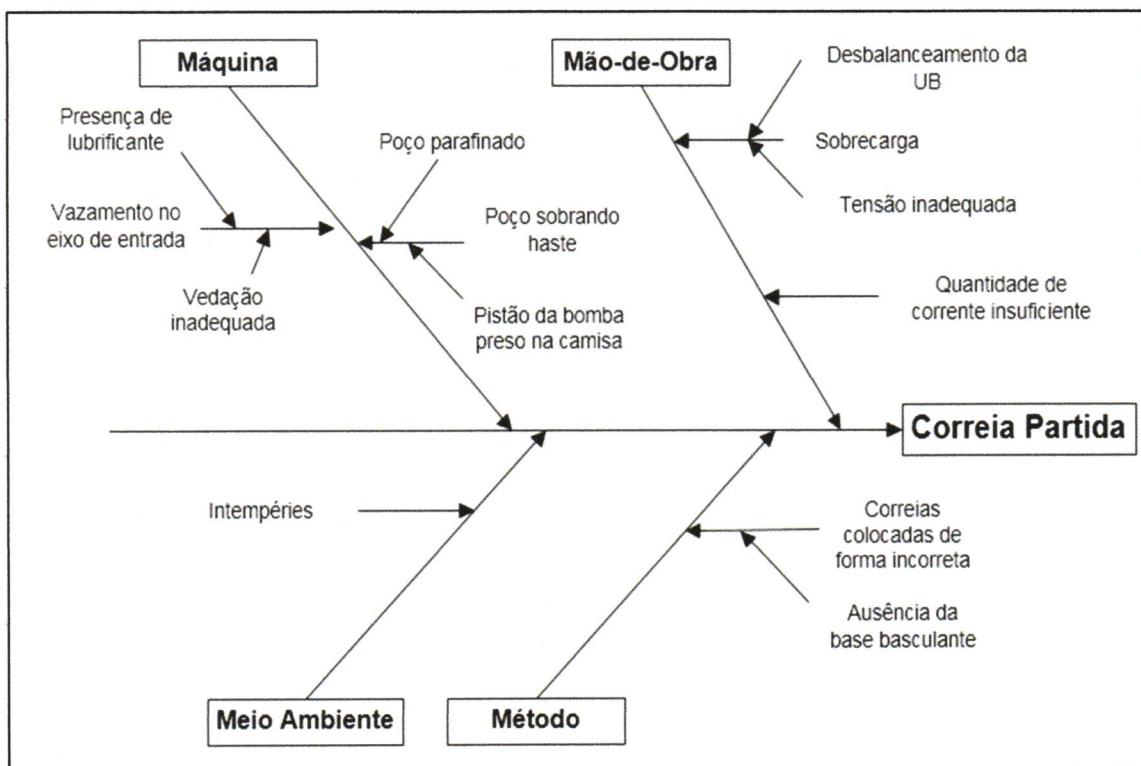


Fonte: Adaptado de Ballester-Alvarez (2012, p.113).

No redutor os problemas podem ocorrer devido à uma sobrecarga causada pelo mau dimensionamento da UB (a unidade de bombeio é pequena para a carga do poço a ser suportada), pelo desbalanceamento da UB, por vazamento do óleo lubrificante, por problemas na engrenagem devido ao tempo de uso, pela prisão do pistão na camisa da bomba ou por conta do fabricante.

O outro componente da UB que ao falhar causa a sua parada é a correia do motor/redutor. A tensão inadequada e a quantidade insuficiente das correias, as intempéries, o vazamento de óleo pelo eixo de entrada do redutor, a prisão do pistão na bomba, a presença de parafina na coluna que dificulta o movimento ascendente e descendente fazendo com que a haste prenda ou sobre, são todos possíveis motivos do rompimento das correias.

Figura 18 - Diagrama de causa e efeito (correia partida)



Fonte: Adaptado de Ballester-Alvarez (2012, p.113).

A ausência da base basculante em algumas unidades de bombeio dificulta a colocação das novas correias, por conta disso, estas devem ser tensionadas ao máximo até encaixar no seu devido local de trabalho. Esse esforço excessivo causado pela falta do equipamento adequado acaba rompendo algumas fibras das correias, diminuindo sua resistência e tempo de vida útil.

Para melhor entendimento dos problemas da UB citados anteriormente, veja a Figura 19 em anexo.

Além dos problemas citados anteriormente, a parada para teste do poço conjugado (poços que utilizam a mesma linha para transportar sua produção) também influencia bastante no tempo ocioso do poço. Por exigência da Agência Nacional do Petróleo - ANP, todos os poços devem ser testados periodicamente com o intuito de confirmar seu volume de produção e algumas características do fluido.

A única maneira de garantir que apenas a produção do poço a ser testado chegue ao tanque de teste é parar o poço conjugado algumas horas antes do início do teste e mantê-lo parado até o teste ser encerrado. Para solucionar esse problema, a única alternativa é desconjugar os poços, construindo linhas de produção independentes, o que iria necessitar de grande investimento.

4.4 Plano de ação (5W1H)

Após identificar os possíveis motivos das falhas, foram elaborados planos de ações para minimizá-las.

Quadro 3 - Falha na coluna de produção

FALHA NA COLUNA DE PRODUÇÃO					
What	Who	When	Where	Why	How
Verificar a frequência de furo na coluna de produção e analisar se o furo tem ocorrido no mesmo trecho.	Foreman	Quando a sonda retirar a coluna de tubos ou analisando o relatório de sonda.	No próprio poço ou na sala de operação.	Para saber se o furo tem ocorrido no mesmo trecho.	Indo ao poço durante à intervenção de sonda ou analisando o relatório de sonda.
Injetar inibidor de corrosão nos poços que furam constantemente devido à corrosão.	Auxiliar de produção.	Quinzenalmente ou mensalmente (dependendo do poço)	No poço.	Para retardar o processo de corrosão.	Seguir padrão de injeção de produto químico no poço.
Caso seja constatado que a coluna tem furado no mesmo trecho, solicitar que sejam colocados dois tubos (um por dentro do outro) no trecho crítico. (Tema de TCC do funcionário	Eng. De Petróleo.	Quando o poço furar a coluna e for constatado que o furo é no trecho crítico.	Na sala de engenharia.	Para prolongar o tempo de funcionamento do poço.	Fazer a solicitação da instalação dos dois tubos juntamente com a solicitação de intervenção de sonda.

Cláudio Castro)					
Equipar o poço com coluna de produção dupla no trecho solicitado.	Operador da Sonda.	Quando a sonda estiver equipando o poço.	No próprio poço.	Para prolongar o tempo de funcionamento do poço.	Utilizando os equipamentos necessários para colocar um tubo dentro do outro.

Fonte: Adaptado de Campos (2011, p.47).

Quadro 4 - Falha na coluna de hastes

FALHA NA COLUNA DE HASTES					
What	Who	When	Where	Why	How
Aplicar torque adequado nas luvas da coluna de hastes.	Operador da sonda.	Quando estiver descendo a coluna de hastes.	No poço.	Para que a luva não desenrosque.	Utilizando um torquímetro.
Verificar se o número (profundidade) da haste partida é recorrente, caso seja, utilizar haste nova ou com diâmetro maior nesse trecho.	Foreman.	Quando estiver retirando a coluna de hastes ou após a intervenção de sonda.	No poço ou na sala de operação.	Para descobrir se a ruptura está acontecendo em um trecho recorrente.	Indo ao poço quando a coluna de hastes estiver sendo retirada ou analisando o relatório de sonda.
Solicitar circulador de água quente quando o poço estiver sobrando/prendendo o haste.	Téc. De Operação	Quando for constatado que o poço está sobrando/ prendendo haste.	No campo ou na sala de operação.	Para que o poço volte a operar normalmente	Por rádio ou telefone.
Classificar, por nível de corrosão, as hastes que serão reaproveitadas.	Auxiliar de operação.	Quando as hastes chegarem à desparafinação	Na desparafinação	Para utilizar as hastes mais deterioradas nos poços que a coluna de hastes sofre menos esforço.	Classificar as hastes por nível de corrosão analisando a profundidade e o tamanho do pit.

Fonte: Adaptado de Campos (2011, p.47).

Quadro 5 - Falha na bomba de fundo

FALHA NA BOMBA DE FUNDO					
What	Who	When	Where	Why	How
Analizar a possibilidade de modificar a profundidade da bomba de fundo.	Eng. De Petróleo.	Quando for comprovado que a bomba está em frente aos canhoneados. (data a definir)	Na sala de engenharia.	Para retirar a bomba da frente dos canhoneados evitando que os jatos provenientes dos mesmos acelerem o processo de corrosão.	Através de um estudo.
Injetar inibidor de	Auxiliar de	Quinzenalmente	No poço.	Para retardar	Seguir

corrosão nos poços que a bomba falha constantemente devido à corrosão.	produção.	ou mensalmente (dependendo do poço)		o processo de corrosão na bomba.	padrão de injeção de produto químico no poço.
Analizar a viabilidade do uso de um material mais resistente no conjunto sede esfera da bomba de alguns poços.	Engenharia.	(data a definir)	Cempes.	Para evitar que os componentes sede e esfera sofram deformações após certa quantidade de ciclos.	Através de um estudo.

Fonte: Adaptado de Campos (2011, p.47).

Quadro 6 - Falha na linha de produção

FALHA NA LINHA DE PRODUÇÃO					
What	Who	When	Where	Why	How
Passar raspador para retirada de incrustação da linha.	Auxiliar de Operação.	Quinzenalmente ou mensalmente, a depender do nível de parafina/incrustação do poço.	No campo.	Para limpar as linhas e impedir que estas fiquem obstruídas.	Seguir padrão de passagem de raspador.
Substituir as linhas de aço que furam com certa frequência por linha nova ou de fibra.	Funcionário da Cemom, empresa terceirizada	Quando for identificada uma linha que fura com certa frequência.	No campo.	Para evitar que a linha fure constantemente	Seguir padrão de substituição de linha.
Injetar produto inibidor de corrosão nas linhas de aço.	Auxiliar de operação ou Téc. De operação.	Quinzenalmente ou mensalmente.	No poço.	Para evitar que a linha fure.	Seguir padrão de injeção de produto químico na linha de produção.
Classificar os tubos usados por nível de corrosão e utilizar os mais críticos em poços de baixa pressão.	Auxiliar de operação.	Quando os tubos que serão reaproveitados chegarem à desparafinação.	Desparafinação	Para utilizar os tubos mais críticos nos poços de menor pressão.	Classificar os tubos por nível de corrosão analisando a profundidade e o tamanho do pit.
Parar o poço sempre que for constatada alta pressão na	Téc. De Operação.	Quando for constatada alta pressão na linha de produção.	No campo.	Para evitar que a linha de produção fure por causa da pressão elevada.	Verificar a pressão da linha de produção utilizando um indicador de pressão.

linha de produção.					Caso a pressão da linha de produção esteja em um valor crítico, o poço deve ser desligado.
--------------------	--	--	--	--	--

Fonte: Adaptado de Campos (2011, p.47).

Quadro 7 - Problema na unidade de bombeio

PROBLEMA NA UNIDADE DE BOMBEIO					
What	Who	When	Where	Why	How
Melhorar o programa de manutenção preventiva das UB's.	Equipe Mecânica.	(data a definir)	Oficina Mecânica.	Para manter os poços funcionando normalmente.	Fazendo uma análise das ocorrências de falha nos poços.
Usar ferramentas adequadas para a montagem da UB.	Equipe Mecânica.	Quando a UB estiver sendo montada.	No Campo.	Para não danificar os componentes da UB e aumentar a sua vida útil.	Seguir as recomendações presentes nos manuais dos equipamentos.
Manusear o freio de forma correta.	Téc. De operação.	Quando for parar a UB.	No campo.	Para não danificar o freio.	Não acionar o freio com a UB operando (motor ligado)
Inspeccionar as UB's.	Equipe Mecânica.	Quinzenalmente.	No campo.	Para identificar anomalias que possam causar a falha.	Fazer inspeção visual do funcionamento da UB para evitar que elas falhem.
Recuperar as UB's com nível de corrosão crítico e pinta-las para retardar futuras corrosões.	Equipe de Manutenção.	Quando o nível de corrosão estiver elevado.	Na oficina de jateamento e pintura.	Para evitar que o poço pare por problemas corrosivos.	Jateando e pintando as UB's com elevado estado de corrosão.

Fonte: Adaptado de Campos (2011, p.47).

Quadro 8 - Problema no redutor

PROBLEMA NO REDUTOR					
What	Who	When	Where	Why	How
Injetar produto químico (para diminuir a quantidade de parafina na coluna de produção) nos poços com	Téc. De Operação.	Quinzenalmente ou Mensalmente.	No poço.	Para diminuir a quantidade de parafina na bomba e evitar que o pistão prenda.	Seguir o padrão de injeção de produto químico.

histórico de parafina na bomba.					
Solicitar circulador de água quente quando o poço estiver sobrando/prendendo haste.	Téc. De Operação.	Quando for constatado que o poço está sobrando/prendendo haste.	No campo ou na sala de operação.	Para que o poço volte a operar normalmente.	Por rádio ou telefone.
Balancear poço após intervenção da Sonda.	Equipe terceirizada que realizar a troca de curso.	Quando a UB for reposicionada após sonda.	No poço.	Para evitar sobrecarga.	Seguir o padrão de balanceamento de poço.
Balancear o poço após troca de curso.	Equipe terceirizada que realizar a troca de curso.	Quando for realizada a troca de curso.	No poço.	Para evitar sobrecarga.	Seguir o padrão de balanceamento de poço.
Elaborar um plano de verificação e manutenção da automação.	Equipe de manutenção juntamente com a de instrumentação.	(data a definir)	Na sala da instrumentação.	Para aumentar o número de poços com a automação funcionando e consequentemente evitar que o poço sobre haste ou prenda o pistão por muito tempo. Assim que detectado o problema (através da variação de carga) o poço deve ser desligado.	Através de um estudo na área da manutenção.

Fonte: Adaptado de Campos (2011, p.47).

Quadro 9 - Falha nas correias

FALHA NAS CORREIAS					
What	Who	When	Where	Why	How
Realizar um levantamento dos poços que falham periodicamente por causa das correias e elaborar um plano de reposição para os mesmos.	Equipe de Manutenção.	(data a definir)	No campo.	Para evitar que o poço pare por falta de correias.	Analizando as ocorrências dos poços.
Instalar base basculante (equipamento que facilita a	Equipe Mecânica.	Quando instalar as correias no poço.	No poço.	Para evitar o uso de ferramentas inadequadas	A base basculante será instalada

colocação das correias de forma correta) em todos os poços.				na colocação das correias.	quando a troca da correia for realizada.
Solicitar circulador de água quente quando o poço estiver sobrando/prendendo haste.	Téc. De Operação.	Quando for constatado que o poço está sobrando/prendendo haste.	No campo ou na sala de operação.	Para que o poço volte a operar normalmente.	Por rádio ou telefone.
Balancear poço após intervenção da Sonda.	Equipe terceirizada que realizar a troca de curso.	Quando a UB for reposicionada após sonda.	No poço.	Para evitar sobrecarga.	Seguir o padrão de balanceamento de poço.
Balancear o poço após troca de curso.	Equipe terceirizada que realizar a troca de curso.	Quando for realizada a troca de curso.	No poço.	Para evitar sobrecarga.	Seguir o padrão de balanceamento de poço.
Elaborar um plano de verificação e manutenção da automação.	Equipe de manutenção juntamente com a de instrumentação.	(data a definir)	Na sala da instrumentação.	Para aumentar o número de poços com a automação funcionando e consequentemente evitar que o poço sobre haste ou prenda o pistão por muito tempo. Assim que detectado o problema (através da variação de carga) o poço deve ser desligado.	Através de um estudo na área da manutenção.

Fonte: Adaptado de Campos (2011, p.47).

4.4 Cálculo da Eficiência Global do Equipamento atual e simulação de cenários

Para demonstrar os possíveis ganhos com a utilização dos planos de ação elaborados acima, será calculado o OEE atual e o OEE estimado com possíveis cenários. Os quadros com o tempo de parada programada e o tempo de parada por baixo rendimento estão detalhados no apêndice.

Primeiro calcula-se o tempo calendário:

$$Tempo\ calendário = poços \times \frac{dias}{ano} \times \frac{horas}{dia} \quad (8)$$

$$Tempo \text{ calendário} = 230 \times 365 \times 24 = 2.014.800 \frac{\text{horas}}{\text{ano}} \quad (9)$$

Utilizando a equação (2) e os dados abaixo, calcula-se o tempo operacional:

$$Tempo \text{ de parada programada: } 1.461 \frac{\text{horas}}{\text{ano}}$$

$$Tempo \text{ de parada não programada: } 128.233,87 \frac{\text{horas}}{\text{ano}}$$

$$Tempo \text{ operacional} = 2.014.800 - 1.461 - 128.233,87 = 1.885.105,13 \frac{\text{horas}}{\text{ano}} \quad (10)$$

Colocando os resultados das equações (9) e (10) na equação (1), determina-se o IP:

$$IP = \frac{1.885.105,13}{2.014.800} \times 100 = 93,56\% \quad (11)$$

Utilizando a equação (4) e os dados abaixo, calcula-se o tempo líquido:

$$Tempo \text{ de parada por baixo rendimento: } 253.785,72 \frac{\text{horas}}{\text{ano}}$$

$$Tempo \text{ líquido} = 1.885.105,13 - 253.785,72 = 1.631.319,41 \frac{\text{horas}}{\text{ano}} \quad (12)$$

Colocando o tempo líquido e o tempo operacional na equação (3), determina-se o IPO:

$$IPO = \frac{1.631.319,41}{1.885.105,13} \times 100 = 86,54\% \quad (13)$$

Como no processo utilizado não existe produto defeituoso nem reprocesso, o IQ é desconsiderado. Dessa forma nosso OEE atual é calculado apenas com o IP e o IPO:

$$OEE = 0,9356 \times 0,8654 = 80,97\% \quad (14)$$

Devido ao tempo escasso e algumas dificuldades/barreiras para implantação dos planos de ação, resolveu-se simular alguns cenários para identificar o aumento do OEE baseado na redução dos tempos de paradas. Para tal, será considerado que a implantação dos planos de ação surtirão efeito positivo e reduzirão o tempo de parada em 10%, 20%, ou 30%. Vale ressaltar que essa redução é no tempo dos seis principais motivos, que totalizam um tempo de 102.382,17h paradas, e não no tempo total.

O OEE de cada cenário foi calculado da mesma forma que o OEE atual mostrado anteriormente e os resultados estão apresentados no quadro abaixo:

Quadro 10 - Melhoria do OEE com a redução do tempo de parada não programada

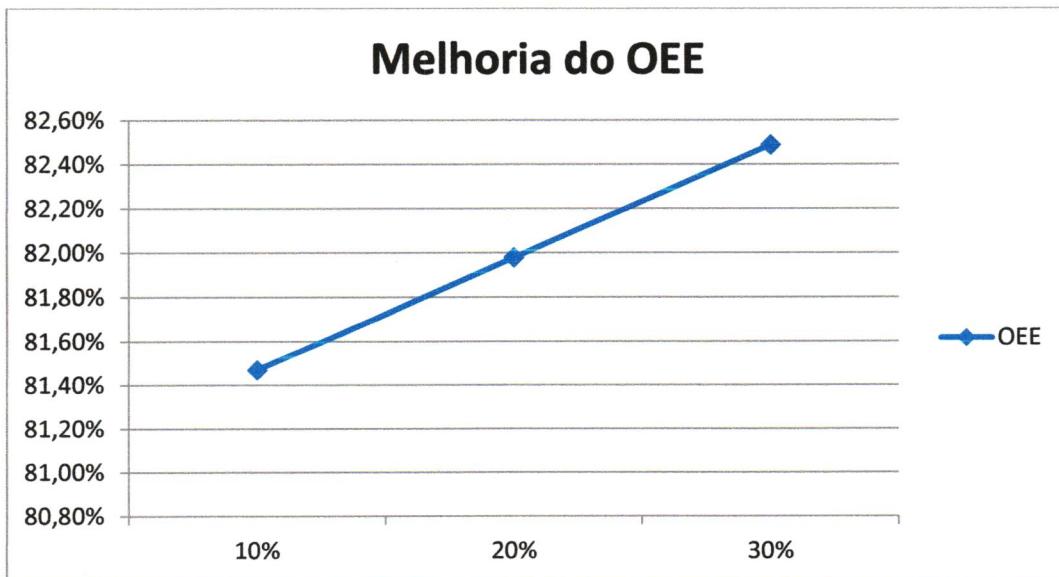
Redução de 10% no tempo de parada não programada	
Novo tempo de parada não programada	117.995,65

Novo tempo operacional	1.895.343,35
Novo tempo líquido	1.641.557,63
Novo IP	94,07%
Novo IPO	86,61%
Novo OEE	81,47%
Redução de 20% no tempo de parada não programada	
Novo tempo de parada não programada	107.757,44
Novo tempo operacional	1.905.581,56
Novo tempo líquido	1.651.795,85
Novo IP	94,58%
Novo IPO	86,68%
Novo OEE	81,98%
Redução de 30% no tempo de parada não programada	
Novo tempo de parada não programada	97.159,22
Novo tempo operacional	1.915.819,78
Novo tempo líquido	1.662.034,06
Novo IP	95,09%
Novo IPO	86,75%
Novo OEE	82,49%

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Com os valores do percentual de redução no tempo de parada não programada e os novos OEE foi construído o seguinte gráfico:

Gráfico 2 - Melhoria do OEE baseada no percentual de redução das paradas não programadas



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Sendo a equação da reta do gráfico acima, $y = 0,050815x + 0,809668$ onde x é o percentual de redução das paradas não programadas e y é o OEE conseguido com o percentual de redução, pode-se determinar, de forma mais fácil, o valor do OEE para cada percentual de redução das paradas não programadas. Como exemplo, o OEE calculado para uma redução de 23% do tempo de parada é 82,13%.

Analizando o ganho do OEE com as sugestões do plano de ação percebe-se que com 30% de sucesso nesse plano, temos um aumento no OEE de apenas 1,8812%, no entanto, considerando que o processo é contínuo, que o tempo de parada por baixo rendimento é duas vezes maior que o tempo de parada não programada e que o OEE máximo alcançado com a utópica redução total das paradas não programadas estudadas é de 86,05%, o ganho demonstrado na simulação é significativo.

Por fim, para incrementar a análise dos ganhos com o plano de ações, resolveu-se calcular o volume de óleo incrementado à produção anual com a redução das paradas. Para isso utilizou-se os valores de perda que estão detalhados no quadro 13 no apêndice. O resultado está apresentado no quadro a seguir.

Quadro 11 - Acréscimo do volume de óleo produzido anualmente

	m³	barris
Redução de 10%	1.016,40	6.392,17
Redução de 20%	2.032,81	12.784,34
Redução de 30%	3.049,21	19.176,51

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Para chegar aos valores acima foi calculado 10, 20 e 30% sobre o valor da perda de óleo referente ao somatório dos seis principais motivos de parada expostos no quadro 13.

5 CONCLUSÃO

Diante de um cenário de extrema concorrência industrial, a busca pela qualidade em produtos e processos tem sido constante. Apoiadas na Gestão da Qualidade Total e na Manutenção Produtiva Total as empresas tem buscado a melhoria contínua.

Pensando na melhoria contínua, este estudo permitiu comprovar a aplicação das ferramentas da qualidade para a determinação das causas das paradas dos poços produtores de petróleo. Utilizando o Diagrama de Pareto pôde-se priorizar as paradas de maior impacto na produção e elaborar um diagrama de causa e efeito para as mesmas.

Determinadas as causas raízes das falhas, elaborou-se um plano de ação para cada motivo de parada. Como não foi possível implantar os planos de ação, simulações foram feitas com o intuito de perceber a melhoria na Eficiência Global dos Equipamentos a partir da redução das paradas não programadas com a implantação dos planos de ação sugeridos.

Considerando o processo contínuo estudado, as melhorias no OEE são significativas mesmo sendo pequenas em valores percentuais. Ressalta-se que a implantação do plano de ação não é fácil como possa parecer, por isso é de extrema importância a dedicação e participação de todos os funcionários envolvidos e que outros estudos específicos podem ser desenvolvidos buscando reduzir cada vez mais as perdas de produção.

REFERÊNCIAS

- BALLESTERO-ALVAREZ, María Esmeralda. **Gestão da qualidade, produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- BATALHA, Mário Otávio. et al. **Introdução à engenharia de produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- BRANCO FILHO, Gil. **A organização, o planejamento e o controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. 8. ed. Nova Lima: INDG, 2011.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **Controle da qualidade total: no estilo japonês**. 8. ed. Nova Lima: Falconi, 2004.
- CARDOSO, Luiz Cláudio. **Petróleo do poço ao posto**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.
- CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da qualidade: conceitos e Técnicas**. São Paulo: Atlas, 2010.
- CORRÊA, Oton Luiz Silva. **Petróleo: noções sobre exploração, perfuração, produção e microbiologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. **Qualidade: enfoques e ferramentas**. São Paulo: Artliber, 2006.
- MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learnig, 2012.
- NASCIMENTO, João Maria Araújo do. **Simulador computacional para poços de petróleo com método de elevação artificial por bombeio mecânico**. Natal, 2005. Disponível em: <<ftp://ftp.ufrn.br/biblioteca/ext/bdtd/JoaMAN.pdf>> Acesso em 07 mai. 2014.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da qualidade**: teoria e prática. 2. ed. 6. reimpr. São Paulo: Atlas, 2009.

RIBEIRO, Thiago Ramos. **PDCA: análise e soluções de problema na Petrobras – SERGIPE**. Monografia (para obtenção do título de engenheiro de produção da Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe - FANESE) Aracaju. 2013.

RIBEIRO, Haroldo. **Desmistificando o TPM**: como implantar o TPM em empresas fora do Japão. São Caetano do Sul: PDCA, 2010.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JHONSTON, Robert. **Administração da produção**. Tradução Henrique Luiz Corrêa. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TARGINO VIDAL, Francisco José. **Desenvolvimento de um simulador de bombeio por cavidades progressivas**. Natal, 2005. Disponível em: <<ftp://ftp.ufrn.br/biblioteca/ext/bdtd/FranciscoJTV.pdf>> Acesso em 07 mai. 2014.

THOMAS, José Eduardo. et al. **Fundamentos de engenharia de petróleo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

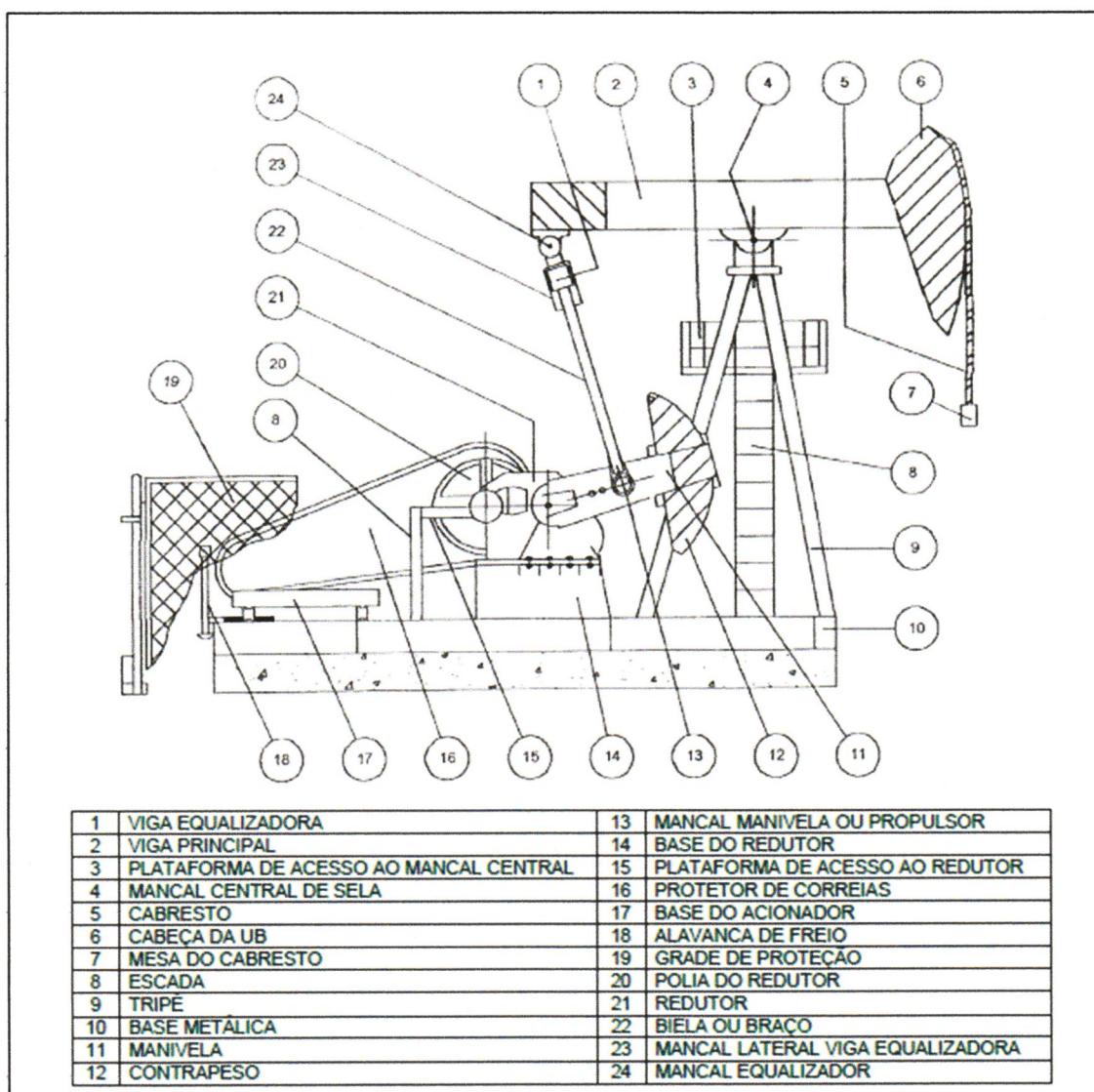
UBIRAJARA, Eduardo. **Tirando dúvidas sobre trabalhos acadêmicos**: do relatório de estágio supervisionado à monografia. Aracaju: 2013.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **Planejamento e controle da manutenção**. 1. ed. 5. reimpr. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.

ANEXOS

Anexo A – Componentes da Unidade de Bombeio

Figura 19 - Componentes da UB



Fonte: Adaptado de NASCIMENTO (2005, p. 45)

APÊNDICE

Apêndice A – Paradas por baixo rendimento

Quadro 12- Tempo médio diário de parada por baixo rendimento

Tempo de Parada por Baixo Rendimento					
Poço	Tempo (h)	Poço	Tempo (h)	Poço	Tempo (h)
CP-0018	12,00	CP-0471	9,39	CP-1547	3,00
CP-0025	11,16	CP-0479	11,67	CP-1553	15,33
CP-0035	6,10	CP-0480	5,33	CP-1558	9,34
CP-0037	12,20	CP-0502	5,46	CP-1584	8,87
CP-0042	19,93	CP-0511	12,00	CP-1593	8,47
CP-0044	3,02	CP-0521	1,69	CP-1654	21,49
CP-0068	9,09	CP-0537	2,42	CP-1655	10,74
CP-0187	12,33	CP-0599	14,84	CP-1688	21,11
CP-0199	10,27	CP-0603	20,79	CP-1692	6,42
CP-0200	2,68	CP-0779	1,34	CP-1713	6,17
CP-0202	10,47	CP-0783	3,25	CP-1717	17,40
CP-0203	5,50	CP-0836	0,61	CP-1722	6,68
CP-0212	12,50	CP-1180	12,20	CP-1725	1,32
CP-0226	11,96	CP-1262	4,04	CP-1740	14,74
CP-0238	21,67	CP-1294	5,73	CP-1751	8,20
CP-0239	16,26	CP-1350	5,00	CP-1783	14,37
CP-0263	19,00	CP-1384	10,62	CP-1785	9,82
CP-0320	23,29	CP-1418	16,03	CP-1788	16,00
CP-0322	16,41	CP-1443	2,57	CP-1789	12,00
CP-0327	9,07	CP-1465	2,37	CP-1790	16,00
CP-0335	0,60	CP-1490	2,00	CP-1791	12,00
CP-0353	11,01	CP-1495	5,13	CP-1839	3,58
CP-0460	9,18	CP-1496	7,85	CP-1941	12,00
CP-0470	0,50	CP-1527	2,99	CP-00X3	8,75

Fonte: Adaptado do Sistema de Informação da Produção – SIP da Petrobras.

No processo de extração de óleo utilizando bombeio mecânico, foram consideradas paradas por baixo rendimento as paradas de pump-off. O poço atinge o estado de pump-off quando o nível de óleo na coluna de produção encontra-se abaixo da profundidade da bomba e o poço para de produzir por ausência de óleo. Nesse caso, a automação para o poço e este permanece parado por um tempo determinado. Vale ressaltar que esse tempo pode variar diariamente e que os valores acima apresentados são uma média diária.

Para determinar o tempo anual de parada por baixo rendimento os tempos acima foram somados e multiplicados por 365, totalizando 253.785,72 h/ano.

Apêndice B – Perda de óleo

Quadro 13- Volume anual de perda de óleo

Motivo	Perda (m ³)
Falha na coluna de produção injeção	3662,023
Falha na bomba de fundo – BM	3207,029
Falha na coluna de hastes	1142,367
Teste de produção em poço	740,049
Problema linha de produção/injeção	708,946
Problema unidade de bombeio/acessório	703,635
Falta de energia elétrica Petrobras	396,351
Problema motor	348,648
Proteção ao meio ambiente	277,852
Problema quadro/painel de comando	274,643
Causa não identificada em poço	259,908
Coluna parafinada	255,401
Problema sistema descarte de água	170,079
Falta de energia elétrica concessionária	168,625
Operação em poço vizinho	154,219
Vandalismo ou furto	138,189
Haste polida danificada	124,323
Montagem/desmontagem UB	120,034
Redimensionamento equipamento de superfície	112,454
Segurança operacional	95,356
Falha em equipamento elétrico	84,412
Problema instrumentação e controle	77,228
Problema árvore de natal/cabeça de produção	73,084
Falha em equipamento de fundo	57,13
Incrustação/parafinação de reservatório	50,152
Problema no cabresto	37,896
Problema no alinhamento da unidade de bombeio	21,744
Produzindo com perda	11,85
Problema no transformador	6,974
Problema manifold	4,588
Problema sistema de tratamento de água	3,738
Redimensionamento método de elevação	0,903
Total Geral	13.489,83

Fonte: Adaptado do Sistema de Informação da Produção – SIP da Petrobras.

Apêndice C – Paradas manutenção programada

Quadro 14 - Parada manutenção programada

Motivo	Tempo (h)
Manutenção programada equipamento elétrico	1,29
Manutenção programada rede elétrica Petrobras	98,12
Manutenção programada cabeça de produção	143,94
Manutenção programada na linha de produção injeção	1,28
Manutenção programada manifold	6,76
Manutenção programada motor elétrico	168,93
Manutenção programada transformador do poço	16,52
Manutenção programada quadro/painel de comando	85,39
Manutenção programada unidade de bombeio/acessório	938,77
Total	1.461,00

Fonte: Adaptado do Sistema de Informação da Produção – SIP da Petrobras.

Apêndice D – Satélite de Produção

Figura 20 - Satélite que recebe o óleo proveniente dos poços (1).



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 21 - Satélite que recebe o óleo proveniente dos poços (2).



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.