A woman wearing a white hard hat and a blue blazer is shown in profile, looking down at a large architectural drawing she is holding. The background is a blurred industrial or construction site. The image is framed by a thin orange border with red diagonal lines crossing in the upper right and lower right corners.

**Cleverson Flor da Rosa
Franciele Bonatto
João Dallamuta
(Organizadores)**

Impactos das Tecnologias nas Engenharias 3

Cleverson Flor da Rosa
Franciele Bonatto
João Dallamuta
(Organizadores)

Impactos das Tecnologias nas Engenharias

3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

I34 Impactos das tecnologias nas engenharias 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Cleveson Flor da Rosa, Franciele Bonatto, João Dallamuta. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias nas Engenharias; v. 3)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-193-0

DOI 10.22533/at.ed.930191503

1. Engenharia. 2. Inovações tecnológicas. 3. Tecnologia. I. Rosa, Cleveson Flor da. II. Bonatto, Franciele. III. Dallamuta, João. IV. Título.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Esta obra é composta por pesquisas realizadas por professores de cursos de engenharia e gestão. Optamos por uma abordagem multidisciplinar por acreditarmos que esta é a realidade da pesquisa em nossos dias.

A realidade é que não se consegue mais compartimentar áreas do conhecimento dentro de fronteiras rígidas, com a mesma facilidade do passado recente. Se isto é um desafio para trabalhos de natureza mais burocrática como métricas de produtividade e indexação de pesquisa, para os profissionais modernos está mescla é bem-vinda, porque os desafios da multidisciplinariedade estão presentes na indústria e começam a ecoar no ambiente mais ortodoxo da academia.

Esta obra temos aspectos de gestão aplicada, em análises econômicas, de ambiente de negócios, análise de confiabilidade, mapeamento de processos e qualidade. Também são abordadas pesquisas nas áreas de construção e urbanismo. Todos os trabalhos com discussões de resultados e contribuições genuínas em suas áreas de conhecimento.

Boa leitura

Cleverson Flor da Rosa
Franciele Bonatto
João Dallamuta

UMA ABORDAGEM MULTIDISCIPLINAR

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES NO AMBIENTE REGULATÓRIO E SEUS IMPACTOS NO DESENVOLVIMENTO DO PRÉ-SAL	
<i>João Sílvio Semolini Olim</i>	
<i>Johnson Herlich Roslee Mensah</i>	
<i>Jamil Haddad</i>	
<i>Roberto Akira Yamachita</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9301915031	
CAPÍTULO 2	11
ANÁLISE DO MAPA DO FLUXO DE VALOR EM UMA FARMÁCIA HOSPITALAR DE VITÓRIA DA CONQUISTA – BA	
<i>Carla Monique Rocha dos Santos</i>	
<i>Adelma Costa Cordeiro</i>	
<i>Cinara Gomes dos Santos</i>	
<i>Iggor Lincolln Barbosa da Silva</i>	
<i>Juliana Cristina de Souza</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9301915032	
CAPÍTULO 3	23
ANALISE ECONÔMICA DA INJEÇÃO DE ÁGUA EM CAMPOS MADUROS NA REGIÃO DA BACIA POTIGUAR UTILIZANDO UM MODELO BIDIMENSIONAL	
<i>Talles André Moraes Albuquerque</i>	
<i>Jardel Dantas da Cunha</i>	
<i>Keila Regina Santana Fagundes</i>	
<i>Antônio Robson Gurgel</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9301915033	
CAPÍTULO 4	38
APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DE ANÁLISE DE FALHA - FMEA NA INSTALAÇÃO DE BOMBEIO CENTRÍFUGO SUBMERSO (BCS) EM CAMPOS MADUROS ONSHORE NA BACIA DO RECONCAVO	
<i>Jeanderson de Souza Mançú</i>	
<i>Luiz Eduardo Marques Bastos</i>	
<i>Raymundo Jorge de Sousa Mançú</i>	
<i>Graciele Cardoso Mançú</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9301915034	
CAPÍTULO 5	48
APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP) COMO MÉTODO DE CONTROLE DA QUALIDADE PARA A SECAGEM DE CAFÉ	
<i>Uilla Fava Pimentel</i>	
<i>Gildeir Lima Rabello</i>	
<i>Willian Melo Poubel</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9301915035	
CAPÍTULO 6	55
LEVANTAMENTO COMPARATIVO SERGIPE VS BRASIL DO CONSUMO, COMERCIALIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DO GÁS NATURAL AO LONGO DE 10 ANOS	
<i>Rai Melo de Oliveira</i>	
<i>Thereza Helena Azevedo Silva</i>	

Marcela de Araújo Hardman Côrtes

DOI 10.22533/at.ed.9301915036

CAPÍTULO 7 63

REDE NEURAL DE ELMAN APLICADA NA PREVISÃO DE PREÇOS DE COMBUSTÍVEIS

Renan Pires de Araújo

Adrião Duarte Dória Neto

Andrés Ortiz Salazar

DOI 10.22533/at.ed.9301915037

CAPÍTULO 8 70

BIOPROSPECÇÃO DE ESTRATÉGIAS PARA MANUFATURA DE BIODIESEL

Débora da Silva Vilar

Milson dos Santos Barbosa

Isabelle Maria Duarte Gonzaga

Aline Resende Dória

Lays Ismerim Oliveira

Luiz Fernando Romanholo Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.9301915038

CAPÍTULO 9 85

USO DO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) PARA HIERARQUIZAÇÃO DE MÉTODOS DE MENSURAÇÃO DO GRAU DE APLICAÇÃO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

Arthur Felipe Echs Lucena

Luci Mercedes De Mori

DOI 10.22533/at.ed.9301915039

CAPÍTULO 10 102

SEGURANÇA DO TRABALHADO EM CAMPOS PETROLÍFEROS ONSHORE DA BACIA SERGIPE-ALAGOAS: PERCEPÇÕES SOBRE TERCEIRIZAÇÃO, ACIDENTES OMITIDOS E PROCEDIMENTOS ADEQUADOS

Milson dos Santos Barbosa

Débora da Silva Vilar

Aline Resende Dória

Adyson Barboza Santos

Elayne Emilia Santos Souza

Luiz Fernando Romanholo Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.93019150310

CAPÍTULO 11 113

A INFLUÊNCIA DA ERGONOMIA EM MELHORIAS PRODUTIVAS UTILIZANDO A EQUAÇÃO NIOSH

Emerson da Silva Moreira

Luiz Eduardo Nicolini do Patrocinio Nunes

DOI 10.22533/at.ed.93019150311

CAPÍTULO 12 131

SIMULAÇÃO DA ONDA COMPRESSIONAL APLICADO EM MODELOS DIGITAIS DE ROCHAS

Gracimário Bezerra da Silva

José Agnelo Soares

Leopoldo Oswaldo Alcázar Rojas

DOI 10.22533/at.ed.93019150312

CAPÍTULO 13 142

MULTIÁREAS DA ENGENHARIA ELÉTRICA COMO CONTEÚDOS COMPLEMENTARES APLICADOS À REDE PÚBLICA DE ENSINO

Hélvio Rubens Reis de Albuquerque
Raimundo Carlos Silvério Freire

DOI 10.22533/at.ed.93019150313

CAPÍTULO 14 157

DESENVOLVIMENTO DE BANCADA PARA INVESTIGAÇÃO DE HIDRODEMOLIÇÃO EM AMBIENTES PRESSURIZADOS

Lidiani Cristina Pierri
Rafael Pacheco dos Santos
Jair José dos Passos Junior
Anderson Moacir Pains
Marcos Aurélio Marques Noronha

DOI 10.22533/at.ed.93019150314

CAPÍTULO 15 164

DELTA NOB

Andressa Regina Navas
Leticia Tieppo
Renan Ataide
Guilherme Legramandi
Ludmilla Sandim Tidei de Lima Pauleto
André Chaves

DOI 10.22533/at.ed.93019150315

CAPÍTULO 16 171

AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE AFERIÇÃO DO TEOR DE UMIDADE EM PEÇAS DE MADEIRA DE DIMENSÕES REDUZIDAS

João Miguel Santos Dias
Florêncio Mendes Oliveira Filho
Alberto Ygor Ferreira de Araújo
Sandro Fábio César
Rita Dione Araújo Cunha

DOI 10.22533/at.ed.93019150316

CAPÍTULO 17 180

NOVA TÉCNICA DE ESCAVAÇÕES DE MICROTÚNEIS: ANÁLISE DE DESLOCAMENTOS NO MACIÇO DE SOLO UTILIZANDO MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

Lidiani Cristina Pierri
Rafael Pacheco dos Santos
Jair José dos Passos Junior
Wagner de Sousa Santos
Marcos Aurélio Marques Noronha

DOI 10.22533/at.ed.93019150317

CAPÍTULO 18 201

UTILIZAÇÃO DA BORRACHA DE PNEU COMO ADIÇÃO EM FORMATO DE FIBRA PARA O TIJOLO ECOLÓGICO.

Gabrieli Vieira Szura
Andressa Zanelatto Venazzi
Adernanda Paula dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.93019150318

CAPÍTULO 19 215

ANÁLISE DOS CRITÉRIOS DE ASSENTAMENTO DE SAPATAS DE REVESTIMENTO EM ÁGUAS PROFUNDAS

Geovanna Cruz Fernandes

Douglas Bitencourt Vidal

Carla Salvador

DOI 10.22533/at.ed.93019150319

CAPÍTULO 20 224

A EXPLORAÇÃO DAS AREIAS BETUMINOSAS DO CANADÁ: UM EXEMPLO DE RESERVATÓRIO NÃO CONVENCIONAL

Paulo Sérgio Lins da Silva Filho

Fabiano dos Santos Brião

DOI 10.22533/at.ed.93019150320

SOBRE OSA ORGANIZADORES 233

APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DE ANÁLISE DE FALHA - FMEA NA INSTALAÇÃO DE BOMBEIO CENTRÍFUGO SUBMERSO (BCS) EM CAMPOS MADUROS ONSHORE NA BACIA DO RECONCAVO

Jeanderson de Souza Mançú

Faculdade Santíssimo Sacramento - FSSS
Alagoinhas - Bahia

Luiz Eduardo Marques Bastos

Universidade Salvador - UNIFACS
Salvador - Bahia

Raymundo Jorge de Sousa Mançú

Faculdade Santíssimo Sacramento - FSSS
Alagoinhas – Bahia

Graciele Cardoso Mançú

Faculdade de Tecnologia e Ciências da Bahia -
FATEC
Alagoinhas – Bahia

RESUMO: Dentre os métodos de elevação artificial de petróleo mais utilizados está o Sistema de Bombeio Centrífugo Submerso (BCS). O propósito deste sistema é produzir grandes volumes de fluidos, mas também bombear tais fluidos a partir de profundidades elevadas. O objetivo deste estudo foi pesquisar algumas das ferramentas e métodos de análise de falha aplicáveis na indústria do petróleo e propor aplicação de uma das ferramentas no processo de instalação dos equipamentos de sistemas BCS das empresas Beta e Delta, em poços produtores de petróleo localizados na Bacia do Recôncavo, no Estado da Bahia. A pesquisa foi realizada a partir de estudos em referências bibliográficas para contextualizar

a indústria, conceituar o método de elevação artificial através de sistemas BCS e tipos de ferramentas e métodos de análise de falhas nela utilizados. Para identificar e investigar a aplicação de ferramentas de análise da falha no sistema BCS, foram realizados estudos de caso em duas empresas, intituladas Beta e Delta. A partir dos resultados da análise e discussão foi observado que tais empresas não aplicam ferramentas de análise de falhas potenciais e nem Lista de Verificação durante a execução das tarefas. Sendo assim, foi indicada a aplicação da Ferramenta de Análise de Falha (FMEA) na fase de instalação dos equipamentos do sistema BCS.

PALAVRAS-CHAVE: Petróleo. Produção. Bombeio Centrífugo Submerso

ABSTRACT: Among the most widely used artificial oil lifting methods is the Submersible Centrifugal Pump (BCS). The purpose of this system is to produce large volumes of fluids, but also to pump such fluids from high depths. The objective of this study was to investigate some of the tools and methods of fault analysis applicable in the petroleum industry and to propose application of one of the tools in the process of installing BCS systems equipment of Beta and Delta companies in oil producing wells located in the Basin of the Recôncavo, in the State of Bahia. The research was carried out

from studies in bibliographical references to contextualize the industry, to conceptualize the artificial elevation method through BCS systems and to the types of tools and methods of fault analysis used in them. To identify and investigate the application of fault analysis tools in the BCS system, case studies were conducted in two companies, titled Beta and Delta. From the results of the analysis and discussion it was observed that such companies do not apply potential failure analysis tools or Checklist during the execution of the tasks. Therefore, it was indicated the application of the Fault Analysis Tool (FMEA) in the installation phase of the BCS system equipment.

KEYWORDS: Oil. Production. Submerged Centrifugal Pump

1 | INTRODUÇÃO

Consoante Thomas (2001), no Brasil, os campos terrestres têm uma participação de cerca de 5% da produção de petróleo total, espalhados numa grande extensão territorial, compostos por poços que apresentam métodos de elevação natural e artificial de petróleo, sendo os principais tipos: o poço Surgente (S); Gás *Lift* (GL); Bombeio Mecânico (BM); Bombeio de Cavidades Progressivas (BCP) e Bombeio Centrífugo Submerso (BCS), foco da pesquisa.

O método BCS necessita de cuidados especiais na operação dos equipamentos, devido aos riscos de contaminação do óleo lubrificante dielétrico, bomba com baixa eficiência, entupimento da admissão (*intake*), travamento/prisão ou quebra do eixo e dos impulsores da bomba centrífuga por decantação/deposição de areia, furo da tubulação ou da carcaça/camisa dos equipamentos do sistema BCS por corrosão e/ou incrustação, falha da vedação (orings - selo mecânico) do protetor e do motor, falhas nas emendas dos cabos elétricos trifásicos do motor, baixa isolamento e/ou aquecimento do motor e do cabo elétrico durante a operação, que podem impactar o desempenho da produção (OLIVEIRA, 2006; SLACK, 2007 e AFFONSO, 2006).

Coloca-se, portanto como questão de pesquisa a verificação de quais as ferramentas e os métodos são aplicáveis para identificar as falhas potenciais e propor melhorias na instalação dos equipamentos do sistema BCS em poços dos campos produtores de petróleo da Bahia utilizados pelas empresas Beta e Delta.

Este trabalho, portanto, apresenta estudos de caso de empresas que atuam na indústria do petróleo, através de instalação de equipamentos do sistema BCS em poços produtores de fluido multifásico e é realizada uma comparação entre as ferramentas e métodos de análise de falhas e sua aplicabilidade nos casos das empresas pesquisadas visando o aprimoramento do uso dos equipamentos e da melhoria do desempenho do sistema BCS.

2 | METODOLOGIA

2.1 O método de análise de falhas FMEA

Affonso (2006) caracteriza a falha de um componente de um equipamento quando ele não é mais capaz de executar a sua função de segurança. Já uma falha prematura é aplicável se o defeito ocorrer dentro do período de vida útil do componente a qual deve ser definida como critério de projeto e associada a um modo de falha específico, como uma fadiga superficial de um rolamento, desgaste da sede de selo mecânico, entre outros. A análise dessas falhas deve determinar os fatores que impediram que todas as fases da vida do equipamento fossem cumpridas com sucesso.

A técnica FMEA está estruturada para identificar:

- Possíveis modos de falhas;
- Efeitos de cada modo de falha;
- Causas dos modos de falhas;
- A severidade/gravidade do efeito;
- A ocorrência da falha (frequência);
- A ocorrência da falha;
- O índice de risco;
- Recomendações para elaborar o plano de ação.

Para Carpinetti (2010) e Filho (2011), o principal benefício da adoção do FMEA é o estabelecimento de uma sistemática de análise de falhas reais e potenciais, das causas e dos meios empregados para evitar ou detectar essas falhas, além de estabelecer um critério objetivo de priorização de ações de melhoria conhecido como RPN (Número de prioridade de risco).

Portanto, a partir dessas análises, torna-se relevante propor a aplicação de uma das ferramentas estudadas na instalação dos equipamentos do sistema de BCS das empresas Beta e Delta.

2.2 Os casos das empresas Beta e Delta

A fim de pesquisar e descrever as práticas de gestão das empresas Beta e Delta foi utilizado um instrumento de coleta de dados roteiro de entrevista semiestruturado, elaborado com perguntas específicas para os gestores e técnicos responsáveis pelos processos internos em estudo na fase de instalação do sistema BCS, com análise dos discursos.

Cada grupo de perguntas de entrevista procurou identificar e caracterizar os aspectos importantes das práticas de utilização de ferramentas e métodos de análise de falha no sistema BCS. O processo da coleta de dados foi realizado através de perguntas específicas aplicadas em duas etapas, conforme a seguir:

- O primeiro grupo de perguntas para identificação do entrevistado de cada empresa;
- E o segundo grupo de perguntas para atingir os objetivos específicos da pesquisa;

Foi realizada uma observação direta nos processos e atividades produtivas durante a pesquisa de campo.

Foram entrevistados um gestor, três engenheiros e quatro técnicos da empresa Beta e um gestor, dois engenheiros e três técnicos da empresa Delta, todos detentores de grande experiência neste equipamento com uma participação média de 30 instalações do equipamento BCS. A unidade da empresa Beta, localizada na Bahia, que atua no ramo de negócio envolvendo sistema BCS possui um quadro funcional de cerca de 20 funcionários.

A empresa Beta tem sua matriz situada na cidade do Rio de Janeiro e à época da Pesquisa possuía filiais em Macaé-RJ, Alagoas e Bahia, 100% brasileira. Fabricante de equipamentos, bombas e componentes para equipamentos de perfuração e produção de petróleo, também desenvolve projetos, fabricação de produtos e serviços para diversos segmentos industriais.

Está certificada na norma NBR ISO 9001:2008, aplicando os requisitos da gestão da qualidade e requisitos e especificação API Spec Q1 na gestão global da organização, com objetivo de garantir a melhoria contínua dos seus processos.

A empresa Delta é 100% brasileira, fundada em 1994, especializada na prestação de serviços técnicos para a indústria petrolífera e possuía à época da pesquisa uma estrutura industrial pronta para abrigar variados tipos de serviços na matriz situada na cidade de MacaéRJ. A filial da Bahia era a responsável pela operação de sistemas BCS em campos de clientes. O sistema de gestão global da empresa está estruturado com base nas normas ISO 9001 (gestão da qualidade), ISO 14001 (gestão ambiental) e no OHSAS 18001 (gestão da segurança e da saúde).

A pesquisa foi estruturada em quatro etapas, sendo a primeira sobre o processo de levantamento das informações das características dos poços; a segunda buscou identificar os procedimentos, custos e indicadores de desempenho no acompanhamento da operação do sistema BCS; a terceira mapeou os principais problemas identificados durante a operação do sistema BCS e a quarta etapa procurou identificar os procedimentos, responsáveis, competências necessárias, ferramentas de análise de falhas utilizadas pelas empresas, dificuldades encontradas no uso, documentação de análise gerada e recomendações de melhoria contínua em futuras análises de falhas.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Algumas das informações disponibilizadas pelos clientes das empresas

pesquisadas não são satisfatórias e em alguns casos divergem, para uma definição com qualidade da composição de equipamentos e acessórios do sistema BCS, que venha caracterizar a eficácia na sua instalação.

As informações históricas disponibilizadas pelas empresas concessionárias ou operadoras de campo de petróleo, quando apresentam desvios de qualidade ou não são realizadas de forma sistemática, contribuem para a falha prematura do sistema BCS por falta de submersão de fluido nos equipamentos, contribuindo principalmente para a queima do motor e/ou baixa isolação do cabo elétrico por aquecimento, já que a carcaça do motor opera com alta temperatura e, para realizar a refrigeração do motor, os fluidos devem passar pela carcaça do motor e efetuar a troca de calor para reduzir a temperatura da sua carcaça metálica.

Há escassez de informações sobre as características agressivas dos fluidos produzidos do poço/jazida, devido à falta de sistemática em laboratório, como abrasividade (concentração de areia na emulsão), salinidade, acidez, presença de CO₂ e H₂S, estes aceleram a redução da eficiência e do ciclo de vida dos equipamentos e acessórios do sistema BCS, por desgastes, corrosão e incrustação nas ligas metálicas da tubulação da coluna de produção. Como os poços são maduros, com cerca de 30 anos em produção, não há muitos dados históricos dos poços, principalmente referente aos fluidos produzidos e em alguns casos, não há um grau de certeza de que os dados representem a realidade dos poços e fluidos produzidos.

Outro ponto a ser observado em poços antigos é o grau de corrosão e incrustação identificada nos trechos da tubulação do revestimento do poço próximo do reservatório/jazida cujo contato com os fluidos agressivos, caracteriza riscos de prisão ou dificuldade de passagem dos equipamentos durante a intervenção de SPT no poço.

Desta forma, para os entrevistados, as informações disponibilizadas pelas empresas concessionárias e operadoras de campos produtores de petróleo, para auxiliar na composição e acompanhamento do sistema BCS, não são suficientes e em alguns casos têm baixo nível de qualidade.

Isto contribui para a baixa eficiência, aumento de perdas de produção e redução do ciclo de vida dos equipamentos. Isso ocorre porque, no passado, as empresas não tinham tecnologias para mapear todos os dados importantes desde a fase de perfuração até o acompanhamento da operação do poço, nem procedimento, nem pessoas com cultura para o detalhamento e gestão de informações históricas de cada poço.

Com base nas entrevistas dos técnicos de ambas as empresas e análise dos procedimentos operacionais (PO) da empresa Delta, foram definidas como prioritárias as seguintes atividades na instalação do sistema BCS:

- Fazer emenda do cabo chato do motor (*flat cable*) com o cabo chato ou redondo da coluna de produção;
- Conectar o *flat cable* no motor;

- Completar óleo dielétrico do motor e protetor para extrair ar;
- Fixar com abraçadeiras metálicas o cabo chato elétrico no motor e cabo chato ou redondo na coluna de tubos de produção;
- Medir a continuidade da corrente do motor e à cada dez tubos instalados;
- Instalar transformador de tensão;
- Instalar inversor de frequência / painel de controle;
- Instalar caixa de junção/ventilação de gases e conectar cabos elétricos (chato ou redondo);
- Concluir instalação elétrica dos equipamentos/componentes de superfície do poço;
- Parametrizar as variáveis de controle no inversor de parada por *overload*, *underload*, *overvolt*, *undervolt*, *volt unbalance*, *corrence unbalance* e o tempo de rearme/*start* do motor do sistema BCS;
- Dar partida no sistema BCS;
- Monitorar a corrente elétrica de operação;
- Analisar paradas no sistema BCS por *overload* (sobrecarga), *underload* (subcarga) ou por outros motivos a partir de dados acumulados no controlador lógico programável (CLP) do inversor de frequência;
- Acompanhar e analisar teste de produção bruta com base na curva da bomba; e
- Analisar registro do nível estático, nível dinâmico e submergência dos equipamentos de subsuperfície do sistema BCS.

As entrevistas sugerem que para acompanhar e monitorar o comportamento de operação do sistema BCS após a instalação em poço produtor de petróleo, as empresas concessionárias e operadoras de campos de petróleo devem definir, acompanhar e analisar alguns indicadores de desempenho mensal do sistema BCS para minimizar as falhas potenciais, como os listados a seguir:

- Teste mensal de produção igual ao range ótimo da bomba;
- Nível dinâmico mensal do poço testado;
- Corrente de operação por poço;
- Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) do poço;
- Perda de produção bruta (óleo+água);
- Perda de produção de óleo do poço; e
- Custo de elevação de petróleo pelo sistema BCS.

À época da pesquisa, as empresas Beta e Delta tinham contratos com empresas concessionárias e operadoras de campos produtores de petróleo da Bahia, de instalação do sistema BCS em 20 poços (empresa Beta), com tempo médio em operação de dois anos e a empresa Delta tem contrato para 55 poços, com sistema BCS operando há um ano.

O processo de análise de falha potencial na instalação do sistema BCS em poço produtor de petróleo está, como apontam as entrevistas, definido no procedimento de ação corretiva e preventiva da documentação do Manual de Qualidade (MQ) da empresa Beta, o qual indica a utilização da ferramenta e método de Análise Preliminar de Risco (APR) para este fim, assim como definido no Manual do SGI da empresa Delta, através da aplicação do diagrama de causas e efeitos no tratamento das anomalias.

O padrão define que a ferramenta e método de análise de falha potencial na instalação do sistema BCS é de responsabilidade dos engenheiros, técnicos de eletricidade e de instrumentação. Conforme os entrevistados, todos os envolvidos nesse processo são formados, capacitados, habilitados nas áreas de eletricidade, instrumentação, automação, receberam treinamento teórico na norma regulamentadora nº 10 e treinamento no local de trabalho em instalação, acompanhamento e monitoramento do sistema BCS em poço produtor de petróleo. Contudo, não foi apresentada uma evidência da utilização prática do estudo e análise de falha potencial na instalação do sistema BCS com aplicação do formulário de APR.

Os dados de entrevista revelam ainda que tanto a empresa Beta quanto a empresa Delta utilizam de forma sistematizada as ferramentas básicas da qualidade, como: o gráfico de Pareto, diagrama de *Ishikawa* (causa e efeito), gráfico de dispersão, histograma, *brainstorming* e outras, para auxiliar na análise de falha potencial através da técnica APR e do formulário de tratamento de anomalias.

Dada a importância e custo médio de aquisição de um sistema de BCS foi proposto aplicar o método FMEA, devido à possibilidade de adaptação e aplicação da técnica na análise de falha potencial e real na instalação do sistema BCS, por causa da geração de conhecimento com o resultado da análise e disseminação por toda organização, e pela possibilidade de ser aplicado nos diversos negócios das empresas.

Nesse sentido, a ferramenta de análise de falha FMEA contempla os principais questionamentos para identificar os modos e efeitos de falhas potenciais e recomendações para minimizar ou eliminar a causa potencial. As análises são realizadas por uma equipe multidisciplinar formada por técnicos e engenheiros das empresas Beta e Delta, com conhecimento e experiência na instalação do sistema BCS e na utilização da ferramenta

FMEA, sendo considerados todas as fases e componentes dos equipamentos de subsuperfície, superfície e dos serviços de instalação do sistema BCS.

Na análise comparativa entre os formulários de FMEA's do sistema BCS da empresa Beta e empresa Delta foram identificadas novos modos de falhas, causas, controles e ações recomendadas nos formulários do FMEA da empresa Delta, sendo:

- Na análise do motor BCS, foram identificados os seguintes novos modos de falha: *undervolt*, *overvolt*, *volt unbalance* e *current unbalance* durante o acionamento do BCS, tendo como causas a falha de enrolamento do motor e/ou transformador, e ou falha na rede elétrica, com recomendação de controlar e monitorar os dados de operação dos equipamentos e ajustar o *Set Point* no inversor de frequência, conforme formulário do FMEA.
- No modo de falha por contaminação do óleo dielétrico do protetor e do motor da BCS foi mapeado a nova causa: não extrair todo ar contido no interior do protetor e do motor e as ações para completar óleo dielétrico desses equipamentos e aplicar LV com tarefa de inversão dos *plugs* de completar óleo para extrair ar dos mesmos.
- Quanto ao modo de falha por baixa isolamento do cabo elétrico chato e redondo da empresa Delta foram identificadas as seguintes novas causas: danos, moossa, incrustação e/ou corrosão no revestimento do poço e uma nova ação para a sonda descer uma coluna de tubos de operação com raspador e sapata na extremidade, para condicionar o revestimento do poço a ser equipado com o sistema BCS.

A partir desses resultados e das ações dos demais formulários do FMEA foi recomendada a inclusão das mesmas nos procedimentos da empresa Beta e incluso na Lista de Verificação (LV), a ser utilizada na fase de instalação dos equipamentos no poço produtor de petróleo pelas empresas Beta e Delta, com destaque para a:

- Parametrização do inversor de frequência na superfície com as variáveis de controle de parada do sistema BCS por *overvolt*, e *undervolt*;
- Parametrização do inversor de frequência na superfície com as variáveis de controle de parada do sistema BCS por *volt unbalance* e *current unbalance*;
- Extrair 100% de ar do óleo dielétrico do motor e do protetor do sistema BCS, completando o óleo desses equipamentos no momento da instalação; e
- Esperar por cinco minutos de estabilização do óleo dielétrico nos equipamentos e recompletar, pela segunda vez, para garantir que o ar tenha sido expurgado.

Apartir das análises, resultados e observações na fase de aplicação dos formulários de FMEA foi proposta e elaborada uma Lista de Verificação (LV) estruturada em três etapas de atividades e tarefas a serem executadas, que tem como objetivo garantir que a equipe de técnicos responsáveis pela instalação do sistema BCS não esqueçam do programa de dimensionamento (projeto) de instalação em poço, ferramentas necessárias, equipamentos, acessórios, cuidados a serem tomadas e procedimentos/atividades/tarefas obrigatórios nesse processo, através do preenchimento e assinatura dos responsáveis na LV, durante a execução dos serviços de instalação da BCS no poço produtor de petróleo na fase de intervenção com SPT.

No entanto, após a equipe de análise dominar a ferramenta de análise de falha, ter conhecimento e experiência no sistema/processos a ser analisado, o próximo passo das empresas Beta e Delta será a definição e inclusão na matriz de padrões do Manual da Qualidade (MQ) e do Manual do SGI de um procedimento documentado com o diagrama de passo-a-passo para aplicação do FMEA na coleta de dados/informações, no preenchimento e análise das diversas fases do sistema BCS, ilustrado na Figura 1, para a identificação da causa raiz dos problemas/falhas e definição das recomendações, e assim minimizar ou eliminar as falhas potenciais e alcançar a melhoria contínua, incluindo também um modelo de tabela/planilha do FMEA, ambos anexos ao padrão.

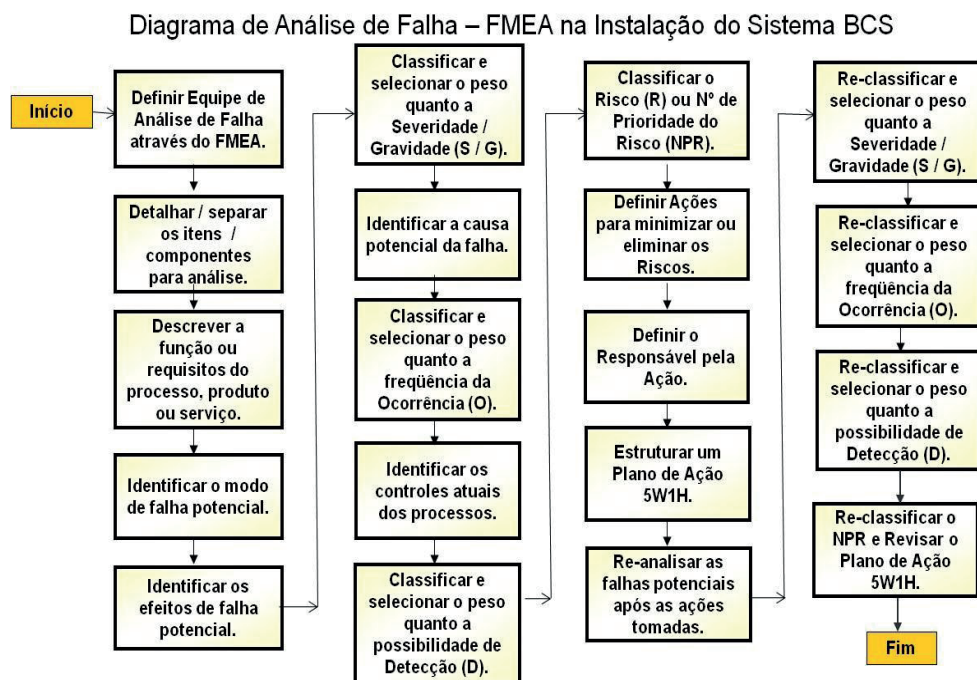


Figura 1: Diagrama com o passo-a-passo de análise de falha – FMEA na instalação, acompanhamento e monitoramento do sistema BCS das empresas Beta e Delta.

Elaborado pelos autores. Dados da pesquisa

Fonte: Própria

Desta forma, as tabelas estruturadas para aplicação da FMEA, a elaboração, aprovação e treinamento no procedimento facilitam o entendimento de todos os envolvidos na utilização da ferramenta de análise de falha, comunica a autoridade, responsabilidade e atribuições nas diversas fases da análise, conceitos, critérios, conteúdos e carga horária de treinamento e de comunicação das informações.

4 | CONCLUSÃO

Através do roteiro de entrevista foi possível concluir que as empresas Beta e Delta não utilizam ferramentas e métodos de análise de falha potencial para tomar

ações preventivas no processo de instalação dos equipamentos do sistema BCS. Estas utilizam apenas ferramenta de análise de falha ocorrida, seguindo a definição do Manual da Qualidade e do SGI das empresas estudadas, após uma falha/quebra do sistema BCS, através da aplicação da Análise Preliminar de Risco (APR) e de tratamento de anomalias, caracterizando um procedimento de ação corretiva.

Análises dos processos de instalação do sistema BCS foram realizadas por técnicos e engenheiros das empresas Beta e Delta através da aplicação da ferramenta FMEA e, com as ações recomendadas para eliminar/minimizar os riscos, foi proposta e elaborada uma lista de verificação (LV), para garantir que todos os possíveis riscos que porventura caracterizarem uma falha no sistema BCS sejam observados de forma proativa durante a instalação dos equipamentos.

A aplicação da ferramenta de análise de falha FMEA atingiu o seu objetivo porque estratificou em fases o sistema BCS para análise e propiciou a identificação das falhas potenciais, causas, número de prioridade de risco e ações recomendadas para eliminar a causa raiz de falha dos equipamentos do sistema BCS e serviços.

REFERÊNCIAS

AFFONSO, Luiz Otávio Amaral. **Equipamentos mecânicos: análise de falhas e solução de problemas**. 2. ed. – Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão de qualidade: conceitos e técnicas**. São Paulo : Atlas, 2010.

FILHO, Frederico Wergne de Castro Araújo. **Automação da cadeia de suprimentos das empresas montadoras de microcomputadores via tecnologia RFID**. 2011, 145f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial) – Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC. Salvador - BA, 2011.

OLIVEIRA, Pedro da S. **A operação do Bombeamento Centrífugo Submerso**. Apostila. Petrobras. Macaé: 2006.

SLACK, Nigel. et ali. **Administração da Produção**. 2. ed. 7. reimp. São Paulo, Atlas, 2007.

THOMAS, J E. et al (organizador). **Fundamentos de engenharia de petróleo**. Rio de Janeiro : Interciência, PETROBRAS, 2001.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-193-0

