



## **Implantação de Proposta de Reavaliação de Planos de Manutenção de Equipamentos Industriais *Offshore*: um Caso Prático de Aplicação da Ferramenta Análise de Modos e Efeitos de Falhas – FMEA**

**Cléssio Rogério de Almeida Dias<sup>1</sup>**

**Ubatan Almeida Miranda<sup>2</sup>**

### **RESUMO:**

Os conceitos de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), inicialmente aplicados na manutenção de aeronaves, hoje são utilizados em diversos segmentos de serviços e da indústria, provocando uma grande mudança em relação à manutenção tradicional. Este artigo visa demonstrar uma aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade, quando da reavaliação de planos de manutenção preventiva dos equipamentos *offshore* de plataformas de perfuração de petróleo, tendo como principal ferramenta a Análise de Modos e Efeitos de Falhas – FMEA. O método de estudo contempla as etapas de Planejamento, Análise do objeto técnico, Validação e Implantação. A aplicação do método é ilustrada através de um estudo real da necessidade de atualização e padronização do modelo de manutenção utilizado em plataformas marítimas de uma empresa do setor de petróleo. As ações tomadas na revisão dos planos resultaram na otimização da utilização da mão de obra de bordo, na uniformização da árvore estrutural dos equipamentos no sistema gestor SAP ERP - módulo PM, na redução de custos operacionais e de manutenção, no nivelamento do conhecimento e utilização do sistema SAP, assim como na melhoria no suporte técnico prestado às plataformas.

### **Palavras-chave:**

Manutenção Centrada em Confiabilidade. Reavaliação de planos. Preventiva. FMEA.

## **1. INTRODUÇÃO**

A correta aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) assegura o aumento da confiabilidade e disponibilidade dos itens físicos, assim como aumenta a produtividade e a segurança operacional e ambiental. Garante o aumento da produtividade das máquinas e, conseqüentemente, o aumento de disponibilidade das mesmas; aumento da vida útil dos componentes das máquinas, devido à eliminação das falhas catastróficas; aumento dos lucros operacionais, uma vez que os custos gerais de manutenção impactam diretamente os custos indiretos de produção (SILVA e GAMA, 2013).

---

<sup>1</sup> Engenheiro Industrial Mecânico (IFBA, 2014). Técnico em Manutenção Mecânica Industrial - CREA/BA 48239. Pós-graduando em Engenharia de Confiabilidade (SENAI CIMATEC). E-mail: clessio84@hotmail.com.

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia Mecânica (UNICAMP, 2002). Professor Assistente da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC. E-mail: ubatan.miranda@fieb.org.br.

Através da formação de uma equipe multidisciplinar, discutem-se as prioridades, as funções do sistema e do equipamento, analisam-se as falhas e suas consequências, e define-se a melhor estratégia de manutenção para o sistema. A metodologia apoia-se em diagramas de decisão e em planilhas estruturadas que permitem a análise e facilitam a tomada de decisão, buscando preservar a função do equipamento dentro do contexto operacional, minimizando as consequências e eliminando as causas da falha. Essas ações são priorizadas em função dos efeitos das mesmas nas questões ambientais, de segurança, operacionais e custos.

Segundo Pinto e Lafraia (2002), manutenção pode ser definida como um conjunto de ações destinadas a manter ou relocar um componente, equipamento ou sistemas em um estado no qual suas funções podem ser cumpridas. Para Lafraia (2001), a manutenção pode ser classificada como corretiva e preventiva. A corretiva inclui todas as ações para retornar um sistema do estado falho para o estado operacional disponível. Sua frequência é determinada pela confiabilidade do equipamento. A manutenção preventiva procura reter o sistema em estado operacional ou disponível através da prevenção da ocorrência de falhas. Pode ser efetuado por meio de inspeção, controles e serviço como: limpeza, lubrificação, calibração, detecção de defeitos etc.

Lafraia (2001) ainda afirma que se a manutenção é executada antes da falha de um equipamento, mas somente quando suas condições, determinadas através de um monitoramento contínuo, indiquem que a falha é iminente, tem-se então a manutenção preditiva ou preventiva-preditiva. Quando a manutenção é executada somente quando da parada do sistema por algum motivo operacional que não seja a falha tem-se a chamada manutenção por oportunidade.

Fogliatto e Ribeiro (2009) definem confiabilidade como a probabilidade de um item de desempenhar adequadamente o seu propósito especificado, por um determinado período de tempo e sob condições ambientais predeterminadas. A confiabilidade está diretamente relacionada com a confiança que temos em um equipamento, produto ou sistema, ou seja, que estes não apresentem falhas. Assim, uma das finalidades da confiabilidade seria a de definir a margem de segurança a ser utilizada, uma vez que no projeto tradicional o coeficiente de segurança é de uma escolha um tanto arbitrária por não se conhecer as variáveis de projeto (LAFRAIA, 2001).

Manutenção Centrada em Confiabilidade, para Moubray (2000), é um processo usado para determinar o que deve ser feito para assegurar que qualquer ativo físico continue a fazer o que seus usuários querem que ele faça no seu contexto operacional. Mortelari, Siqueira e

Pizzani (2011), baseados nos conceitos da quarta geração da manutenção, discursam que o objetivo de qualquer estratégia de manutenção desenvolvida utilizando-se da Manutenção Centrada em Confiabilidade é de maximizar a eficácia de um ativo, minimizando os efeitos e/ou a probabilidade de falhas, ou, maximizar ganhos e reduzir perdas. Dentre as metodologias e ferramentas conhecidas, a MCC se destaca por ser a única desenvolvida especificamente para determinar um plano claro e bem definido de ações para garantir a confiabilidade de ativos. Portanto, é uma metodologia que foi desenvolvida para uma gestão de ativos complexos e de alta criticidade, aplicada inicialmente na manutenção de aeronaves.

Manter elevada disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos garante uma operação segura e contínua. Suas ferramentas básicas são os planos de manutenção preventiva e o planejamento/programação das intervenções. São utilizados para definição dos planos o conhecimento dos fabricantes/fornecedores de equipamentos, através dos manuais e catálogos de equipamentos, bem como o conhecimento adquirido pelas equipes de execução da manutenção. Existem diversas técnicas e ferramentas para aliar esses conhecimentos, destacando-se a Análise de Modos de Falhas e Efeitos (FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis*), utilizada na metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC ou RCM – *Reliability Centered Maintenance*). Segundo a norma NBR 5462 (1994), FMEA é o “método qualitativo de análise de confiabilidade que envolve o estudo dos modos de pane que podem existir para cada subitem, e a determinação dos efeitos de cada modo de pane sobre os outros subitens e sobre a função requerida do item”, ou seja, é uma metodologia que objetiva determinar a causa, o efeito e o risco de cada tipo de falha, visando implantar ações para aumentar a confiabilidade do equipamento ou sistema.

### 1.1. Justificativa

Quando da criação dos planos de manutenção dos equipamentos das plataformas *offshore*, base de estudos deste artigo, orientou-se à equipe de manutenção da base que fossem utilizados manuais de operação e manutenção dos citados equipamentos, como base para elaboração do conjunto de tarefas que balizariam a elaboração dos planos, ou seja, as listas de tarefas foram criadas a partir de catálogos de fabricante sem considerar as análises de falhas e condições operacionais. Este trabalho fora desempenhado utilizando-se do sistema gestor antigo, chamado de CCMS-RAST (*Computer Maintenance Management Systems - Rapid*

*Annotations using Subsystems Technology*), que permitia a livre modificação de parâmetros, sem que houvesse o rastreamento do agente modificador. Com o advento do SAP ERP módulo PM, no ano de 2008, todas as informações de manutenção das plataformas foram migradas integralmente para o novo sistema gestor. Módulo PM é uma subdivisão do SAP ERP voltada para gestão de manutenção, uma vez que armazena dados técnicos de ordens e notas de manutenção, como também dos seus custos agregados.

Em meio à adaptação das plataformas ao novo sistema de aplicações, as equipes de bordo da plataforma marítima reportaram dificuldades quanto a sua utilização. Após uma série de atendimentos às demandas de bordo realizadas pelo grupo de planejamento de base, através das notas de manutenção, foram detectadas adversidades no processo, tais como ausência de padronização da representação estrutural dos equipamentos no SAP ERP, bem como da utilização do módulo PM, necessidade de revisão na lista de sobressalentes, listas técnicas e conjuntos de materiais, sub ou sobre dimensionamento de homem-hora (hh) planejado para execução das ordens de manutenção (OM's), alegando excesso de atividades que promovem dilação de homem-hora (hh), assim como ausência da listagem de sobressalentes e insumos essenciais à manutenção no estoque da plataforma.

A fim de alinhar os questionamentos entre os profissionais de bordo e a equipe de base, estabeleceram-se reuniões sistemáticas com os envolvidos, de maneira a adequar a realidade da área operacional com as tarefas listadas nos planos de manutenção, promovendo assim as suas revisões. Assim sendo, utilizaram-se dos princípios da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), através da ferramenta Análise de Modos e Efeitos de Falhas – FMEA, meios de elevar qualidade e efetividade das atividades de manutenção.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Este artigo tem por finalidade propor uma sistemática de trabalho para reavaliação e padronização das tarefas dos planos de manutenção preventiva dos equipamentos industriais *offshore*, através da ferramenta Análise de Modos e Efeitos de Falhas – FMEA.

## 2.2. Objetivos Específicos

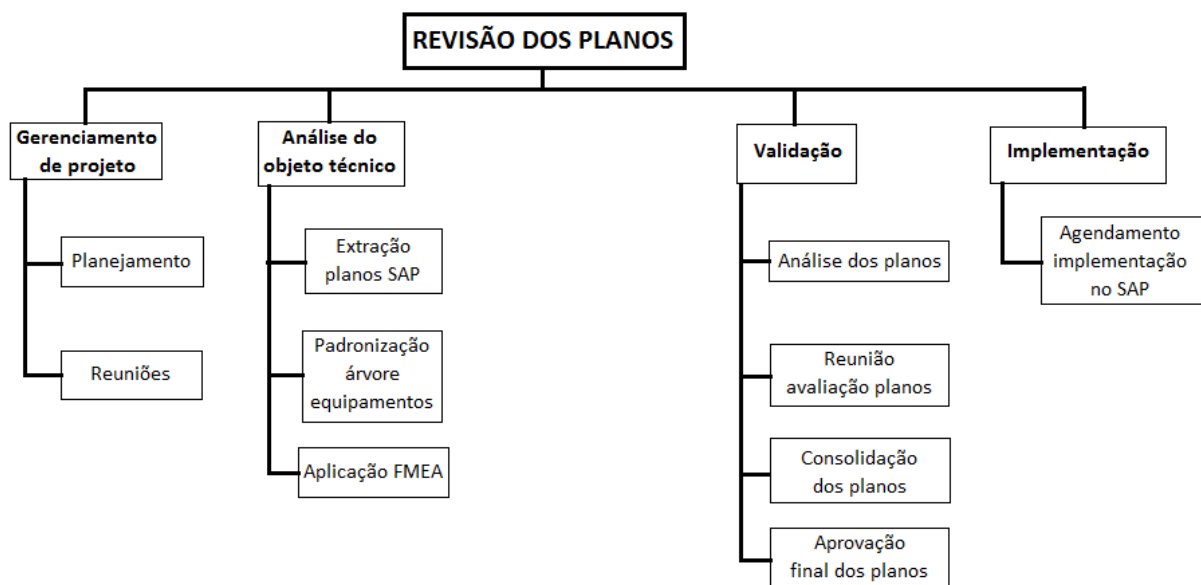
- Reduzir os custos de manutenção relativos ao homem-hora (hh) para execução das tarefas de bordo;
- Identificar periodicidades de manutenção adequadas para cada tarefa de manutenção, verificando em quais partes e componentes dos equipamentos tem-se a real necessidade da manutenção preventiva;
- Padronizar a representação estrutural de equipamentos e locais de instalação do sistema gestor SAP ERP.

## 3. METODOLOGIA

O projeto de implantação de reavaliação de planos de manutenção de equipamentos industriais *offshore* se dá em quatro fases, conforme mostra a figura 1, que são:

1. Gerenciamento do projeto;
2. Análise do objeto técnico (aplicação da FMEA);
3. Validação;
4. Implementação.

Figura 1 – Fases do projeto de reavaliação de planos de manutenção.



Fonte: elaborada pelo autor (2016).

### 3.1. Planejamento do trabalho: diagnóstico prévio de manutenção

A primeira fase do projeto de reavaliação dos planos de manutenção consiste na análise prévia da situação até então encontrada, no que concerne ao panorama de manutenção. A equipe de planejamento da base de apoio incumbiu-se de gerar relatório, evidenciando as deficiências da alimentação e coleta de dados, bem como dos registros de defeitos e intervenções que norteiam as análises de falhas dos equipamentos. Foram destacados os seguintes pontos críticos, para fins de retificação e tratamento durante o processo de reavaliação de planos:

- Estratégia e organização da manutenção: planejamento descentralizado, ou seja, fora das delimitações da plataforma (manutenção de base);
- Gestão da Manutenção: uso ineficiente, inadequado ou não padronizado do SAP, módulo PM;
- Processo de Manutenção: planos sem padronização e falta de integração das equipes de manutenção (apoio de base e bordo);
- Inexistência de análise de falhas impossibilitando a melhoria contínua dos processos de manutenção (Impactos de falhas, códigos ABC, FMEA – Modos de Falha e Efeito etc.);
- Inexistência de dados confiáveis para a realização de análises de modo de falha com base em registros históricos;

Reuniões periódicas definiram o Grupo de Trabalho (GT) responsável pelo projeto, encabeçado pelo Gerente de Manutenção das plataformas. Assim se constituiu o grupo:

- 01 Coordenador de projeto;
- 01 ponto focal da Engenharia de base;
- 01 Integrante de SMS (Segurança, Meio ambiente e Saúde);
- 03 Integrantes do corpo técnico multidisciplinar de manutenção de bordo (elétrica/mecânica/instrumentação);
- 04 Integrantes do apoio de planejamento de base.

Em paralelo, o cronograma das atividades inerentes ao projeto, realizado no programa *MS Project* (figura 2), também criado pela equipe de planejamento de base, estabelece o conjunto de tarefas do projeto, estipulando tempo de execução das mesmas e os prazos de entrega de cada tarefa. O cronograma é uma representação gráfica do tempo investido em uma determinada tarefa ou projeto, segundo as tarefas que devem ser executadas no âmbito desse projeto. É uma ferramenta que ajuda a controlar e visualizar o progresso do trabalho.

Com o intuito de nivelar conhecimentos entre os integrantes da equipe responsável pelo projeto, identificou-se a necessidade de treinamento básico das premissas do FMEA, assim como das principais transações do módulo PM do SAP ERP.

Figura 2 – Cronograma das atividades do projeto de reavaliação de planos.

Nome da tarefa	Indicador	Duração	Início	Término	Predecessor	Sucessor
<b>Construção e Manutenção</b>		<b>86 h</b>	<b>Qua 04/03/15</b>	<b>Qua 18/03/15</b>		
<b>Desenvolvimento da Produção</b>						
Início da da Fase Piloto		0 dias	Qua 04/03/15	Qua 04/03/15		5
<b>Sistema Agua Industrial</b>		<b>86 h</b>	<b>Qua 04/03/15</b>	<b>Qua 18/03/15</b>		
<b>Estruturação</b>		<b>82 h</b>	<b>Qua 04/03/15</b>	<b>Qua 18/03/15</b>		
Análise dos resultados da FMEA vs Análise Crítica de Planos		8 h	Qua 04/03/15	Qua 04/03/15	2	6
Adequação de documentos complementares (padrões, IS, Normas, etc)		4 h	Qui 05/03/15	Qui 05/03/15	5	7
Adequação das Permit's de Segurança		4 h	Qui 05/03/15	Qui 05/03/15	6	8TI+3 dias
Parametrização do Plano e Item de Manutenção		4 h	Qua 11/03/15	Qua 11/03/15	7TI+3 dias	9
Adequação dos Sobressalentes, Listas Técnicas e Conjunto PM		6 h	Qua 11/03/15	Qui 12/03/15	8	10
Verificação da Árvore de Equipamentos		6 h	Qui 12/03/15	Qui 12/03/15	9	11TI+3 dias
Reunião de Avaliação dos Planos		2 h	Qua 18/03/15	Qua 18/03/15	10TI+3 dias	13
<b>Implantação no SAP</b>		<b>4 h</b>	<b>Qua 18/03/15</b>	<b>Qua 18/03/15</b>		
Criar lista de tarefas		1 h	Qua 18/03/15	Qua 18/03/15	11	14
Criar plano de manutenção		0,5 h	Qua 18/03/15	Qua 18/03/15	13	15
Criar item de manutenção		0,5 h	Qua 18/03/15	Qua 18/03/15	14	16
Programar plano de manutenção		0,5 h	Qua 18/03/15	Qua 18/03/15	15	17
Criar lista técnica		0,5 h	Qua 18/03/15	Qua 18/03/15	16	18
Criar conjunto PM		0,5 h	Qua 18/03/15	Qua 18/03/15	17	19
Associar conjunto PM		0,5 h	Qua 18/03/15	Qua 18/03/15	18	20
Fim da Fase Piloto		0 dias	Qua 18/03/15	Qua 18/03/15	19	

Fonte: elaborada pelo autor (2016).

### 3.2. Análise do objeto técnico

A segunda fase compreende a análise do objeto técnico. Entende-se como objeto técnico todo equipamento cadastrado no SAP ERP que será atendido por uma estratégia de manutenção definida pelo grupo de trabalho do projeto. Como tarefa inicial nessa fase do projeto, foram levantadas as tarefas dos planos de manutenção até então existentes, bem como realizado o estudo prévio dos catálogos e manuais dos equipamentos que servirão de subsídio para a realização dos fóruns técnicos da FMEA. Na extração dos planos do SAP, os planos de manutenção de um sistema em estudo de cada plataforma são listados em uma planilha em Excel, material este que contribuirá para a padronização dos planos.

Nesta atividade, a árvore estrutural de equipamentos do SAP deve ser organizada, de maneira a alocá-los nos respectivos sistemas aos quais pertencem. A definição incorreta do

posicionamento do objeto técnico na árvore estrutural resultará em um FMEA de baixa aderência ao processo, fato este impactante também na elaboração do plano padronizado.

Para cada sistema é realizado um fórum técnico de FMEA. O Grupo de Trabalho deve participar ou designar os participantes conhecedores das particularidades dos equipamentos do sistema em estudo. Nos fóruns técnicos de FMEA, formulário indicado na figura 3, os presentes buscam detectar os modos, causas e efeitos de falha e ações de bloqueio proativas dos equipamentos de cada sistema, a fim de estabelecer periodicidades às tarefas que balizarão os planos de manutenção.

Figura 3 – Exemplo de FMEA utilizado na reavaliação de planos.

FMEA - ANÁLISE DE MODO E EFEITO DA FALHA									
ANÁLISE DO OBJETO TÉCNICO							Nº: 01		
OBJETO TÉCNICO: Moto-Bomba de Esgotamento Submersa				IMPACTO DE FALHA (IF):			RESP:		
FUNÇÃO PRINCIPAL: Remoção de água contaminada das colunas				FUNÇÃO SECUNDÁRIA 1:			PARTICIPA		
PADRÃO DE DESEMPENHO: Vazão de 45 M3/Hora				FUNÇÃO SECUNDÁRIA 2:					
				FUNÇÃO SECUNDÁRIA 3:					
FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	FALHA POTENCIAL	CARACTERÍSTICAS DA FALHA POTENCIAL				AÇÕES PRO ATIVAS	CICLO	
			QUANTITATIVAS			QUALITATIVAS			
			FREQ.	SEVER.	CRITIC.	EFEITOS			MODOS DE DETECÇÃO
Não remover água contaminada das colunas	Motor não parte	Falta de alimentação	4	3		Parada do equipamento	Medição de tensão	Plano motor AC	
		Disjuntor e contator com defeito	4	3		Parada do equipamento	Medição de tensão	Plano motor AC	
		Rompimento de cabos elétricos	2	3		Parada do equipamento	Medição de tensão	Plano motor AC	
		Quebra de rolamento	3	3		Parada do equipamento	Visual	Análise de vibração Lubrificação sistemática Inspeção sensível quanto a ruídos	TM M M
		Mal contato nos bornes da caixa de ligação	4	3		Superaquecimento de cabo elétrico Desarme do disjuntor	Visual	Plano motor AC	
		Curto-circuito no enrolamento do estator	3	3		Parada do equipamento	Visual/Medição de isolamento	Plano motor AC	

Fonte: elaborada pelo autor (2016).

São acionadas as equipes de manutenção de bordo, com os respectivos questionamentos e críticas para reuniões sistemáticas, de modo a promover discussão entre técnicos e engenheiros, do apoio de base e de bordo, sobre as tarefas estritamente relevantes para operação segura do equipamento (componentes críticos). Uma dificuldade encontrada nesta fase é o revezamento das equipes de manutenção de bordo, uma vez que o trabalho destes se dá no regime 14x21, ou seja, 14 dias de trabalho embarcado e 21 dias de folga.

### 3.3. Validação

A terceira fase do projeto compreende a ratificação dos produtos, ou seja, dos planos de manutenção revisados, chamada de validação. De posse do conjunto de tarefas revisado, o



Coordenador do projeto e o integrante da engenharia de base validam e autorizam o setor de planejamento a implementar as tarefas no SAP, a fim de criar e programar os planos de manutenção naquele sistema de gestão, preenchendo os dados da planilha apresentada na figura 4. É nessa fase também que o integrante do SMS certifica-se que todas as medidas de segurança foram amplamente verificadas, visto que as recomendações de segurança estarão expostas juntamente com as tarefas de manutenção nos planos.

Figura 4 – Planilha de comentários sobre tarefas dos planos.

REUNIÃO DE VALIDAÇÃO DOS PLANOS				
DATA: 09/12/14		LOCAL:		COORDENADOR:
PARTICIPANTES:				
<b>Sistema de Ancoragem</b>				
DOCUMENTO	PAGIN	COMENTÁRIO	ORIGEM	APROVAÇÃO
Sistema de Segurança Proteção Individual Coletiva	5	Plano para Trava-Quedas: Mesclar a operação semanal com a mensal, eliminando tarefas repetidas - mantendo o ciclo mensal para todas as tarefas.	Reunião com a participação de representantes das plataformas.	Aprovado
Sistema de Segurança Proteção Individual Coletiva	5	Incluir no no item 2 na operação semanal do plano dos Trava-Quedas o sub-item Existência de cabo auxiliar..	P23 - Análise dos planos executada pelo Técnico de Segurança em material impresso.	Reprovado

Fonte: elaborada pelo autor (2016).

O Grupo de Trabalho deve realizar análise crítica dos novos planos junto às respectivas unidades. Nesta ocasião podem ser propostas melhores práticas de engenharia, modernizando a abordagem dada aos planos de cada um dos sistemas. Caso seja identificada a necessidade de levantar informações para completar o conteúdo dos planos, durante as reuniões de avaliação, o GT deve fornecer estas informações e criar um plano de ação (Figura 5) com as pendências, responsáveis e prazos. Nesta reunião é discutido e decidido o conteúdo final dos planos, atendendo às particularidades e generalidades dos equipamentos das plataformas.

Figura 5 – Plano de ação.

REUNIÃO DE VALIDAÇÃO DOS PLANOS									
DATA:		LOCAL:		COORDENADOR:					
PARTICIPANTES:									
SISTEMA DE ANCORAGEM									
O QUE?	SISTEMA	RESPONSÁVEL				QUANDO	PRIORIDADE	RESPOSTA	STATUS
		QUEM?	CHAVE	RAMAL	UNIDADE				
Verificar pressão de nominal do conjunto autônomo	SSEG	AA		xxxx	xx	14/dez	B		
Verificar se a análise do ar é feita por contratação.	SSEG	BB		xxxx	xx	14/dez	A	É feita por contratação semestral	Realizado

Fonte: elaborada pelo autor (2016).

Quaisquer irregularidades e/ou dúvidas encontradas no momento da validação são discutidas entre os próprios membros do GT, não havendo intervenção externa sob nenhuma hipótese. Estes assuntos são tratados em reuniões de avaliação, nas quais os demais colaboradores do GT, conhecendo os questionamentos dos validadores, constataam se há a real necessidade de revisitar a FMEA, para solucionar os possíveis impasses. Sanadas as pendências, os validadores confirmam o aceite dos planos revisados e encaminham ao planejamento para efetivação imediata.

### 3.4. Implementação

Concluído todo o processo de revisão, discussão e validação dos planos de manutenção, as novas tarefas serão incluídas no sistema gestor SAP ERP. Os planos antigos foram excluídos do sistema e passou-se a adotar os planos criados pelo Grupo de Trabalho. A equipe de planejamento da base foi a responsável pela etapa de implementação, que compreende:

- Criação das listas de tarefas, com as suas respectivas recomendações de SMS;
- Criação dos planos de manutenção preventiva, como também dos itens dos planos. Exemplo: um conjunto motor-bomba está contido em um mesmo plano de manutenção. Cada equipamento (motor e bomba) é tratado no SAP ERP como um item de manutenção daquele plano. Após esta etapa, os planos são programados com data a ser definida pelo planejamento de manutenção;
- Criação de listas técnicas e conjunto de materiais. São listas de materiais sobressalentes definidos a partir das tarefas elencadas na fase de aplicação da FMEA, apontadas a um

determinado tipo de equipamento. Conjunto PM é um número sequencial atribuído às listas técnicas.

#### 4. RESULTADOS

O trabalho de reavaliação dos planos de manutenção preventiva dos equipamentos *offshore* possibilitou agregar a experiência da equipe de bordo às tarefas que contemplam os referidos planos, inserir preceitos das normas internas da empresa, como também identificar as partes e componentes em que há necessidade de intervenções periódicas por intermédio da Análise de Modos e Efeitos de Falhas – FMEA. Fato relevante observado durante a dinâmica é que as análises de FMEA foram realizadas somente com a participação efetiva de pessoas conhecedoras dos equipamentos, certo de que tal exigência evita improdutividade, FMEA's mal elaboradas e retrabalho. Conforme detectado na fase de planejamento do projeto, houve deficiência quanto ao conhecimento do grupo de trabalho do exercício do FMEA. Após treinamento do grupo de trabalho, escolheu-se um sistema de complexidade intermediária, para adquirir assimilação dos conhecimentos da metodologia do projeto e a execução das atividades (maturação).

A padronização de tarefas de equipamentos afins, chamados de grupo de roteiro no SAP ERP, é um fruto relevante do trabalho em questão. Bombas centrífugas, bombas de deslocamento positivo e motores elétricos de pequeno porte são alguns dos equipamentos que, havendo semelhança na concepção de operação e manutenção, tiveram tarefas-padrão associadas a seus respectivos planos, uma vez que desempenham a mesma função no processo produtivo. Um exemplo que ilustra o exposto são os motores elétricos de acionamento das bombas centrífugas de captação de água salgada, responsável pelo fornecimento de água do mar a inúmeros processos da plataforma (sistema de geração de energia, ar condicionado central etc.), e da bomba pré-carga, que visa demandar água salgada para os tanques, quando da fixação da plataforma na alocação após a navegação da mesma. Por se tratarem de equipamentos afins tem entre si um mesmo conjunto de tarefas.

A partir da enumeração dos equipamentos manuteníveis, tornou-se possível equalizar o arranjo dos locais de instalação, definição utilizada pelos usuários SAP ERP para designar a localização dos equipamentos na árvore estrutural, parcialmente evidenciada na Figura 6. Além de impor padrão de ordenação dos locais de instalação, esse trabalho permite detectar, com

maior precisão e agilidade, o sistema a qual pertence determinado equipamento, os planos, as notas e ordens de manutenção destes e a identificação dos grupos de planejamento responsáveis por cada sistema. Propicia também a integração das equipes de manutenção de bordo e apoio de base, quando da utilização do sistema SAP, uma vez que a uniformização das informações contidas neste torna a interface amigável para ambas as equipes de trabalho.

Figura 6 – Árvore estrutural de equipamentos padronizada.

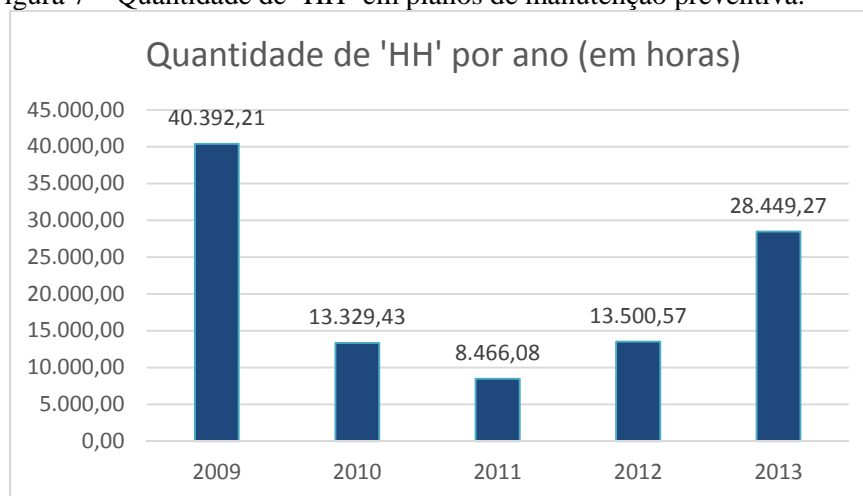
Local Instalação	Sistema	Denominação
<b>23XX00</b>		<b>Plataforma P-XX</b>
<b>23XX00.FAIN</b>	<b>FAIN</b>	<b>Sistema de Água Industrial</b>
23XX00.FAIN.512201	FAIN.512201	Moto-bombas Água Industrial
23XX00.FAIN.512202	FAIN.512202	Tanques Água Industrial
23XX00.FAIN.512203	FAIN.512203	Vaso Hidrofórico de Água Industrial
23XX00.FAIN.512299	FAIN.512299	Tubulações e Válvulas de água industrial
<b>23XX00.FAPO</b>	<b>FAPO</b>	<b>Sistema de Água Potável</b>
23XX00.FAPO.512201	FAPO.512201	Moto-bombas Água Potável
23XX00.FAPO.512202	FAPO.512202	Tanques de Água Potável
23XX00.FAPO.512203	FAPO.512203	Vasos de Água Potável (Hidrofórico)
23XX00.FAPO.512204	FAPO.512204	Unidades Esterilização Ultra-violeta
23XX00.FAPO.512205	FAPO.512205	Unidades de Cloração
23XX00.FAPO.512206	FAPO.512206	Dessalinizadora
23XX00.FAPO.512207	FAPO.512207	Filtros
23XX00.FAPO.512208	FAPO.512208	Aquecedores de Água Potável
23XX00.FAPO.512299	FAPO.512299	Tubulações e Válvulas de Água Potável

Fonte: elaborada pelo autor (2016).

Um aspecto de grande relevância foi a redução drástica da quantidade de planos de manutenção, refletindo na adequação de custos de pessoal envolvido nas atividades de bordo ('hh' planejado). Houve uma redução de 68% do número total de planos de manutenção (Antes: 7.964 planos x Depois: 2.533 planos).

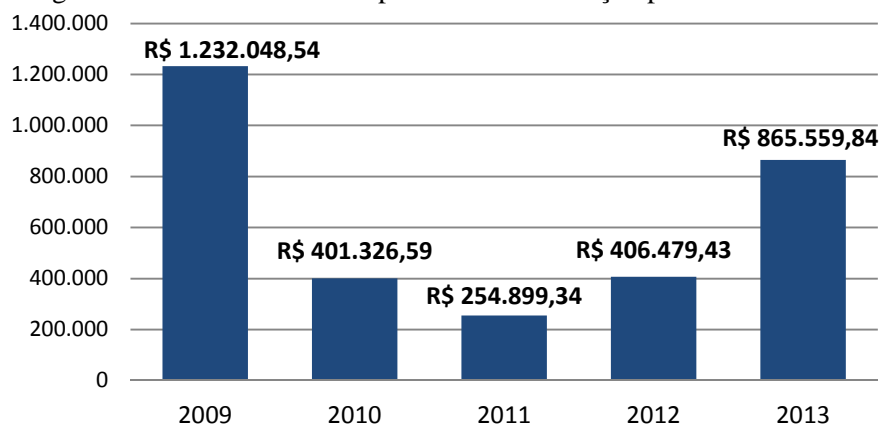
Tomando-se como exemplo apenas uma das plataformas que tiveram seus planos de manutenção revisados, no que diz respeito aos custos de manutenção, os seguintes dados ilustram o impacto do trabalho de reavaliação dos planos de manutenção. As figuras 7, 8 e 9 mostram uma sensível atenuação de custos, a partir de 2010, ano em que o trabalho de reavaliação se inicia.

Figura 7 – Quantidade de 'HH' em planos de manutenção preventiva.



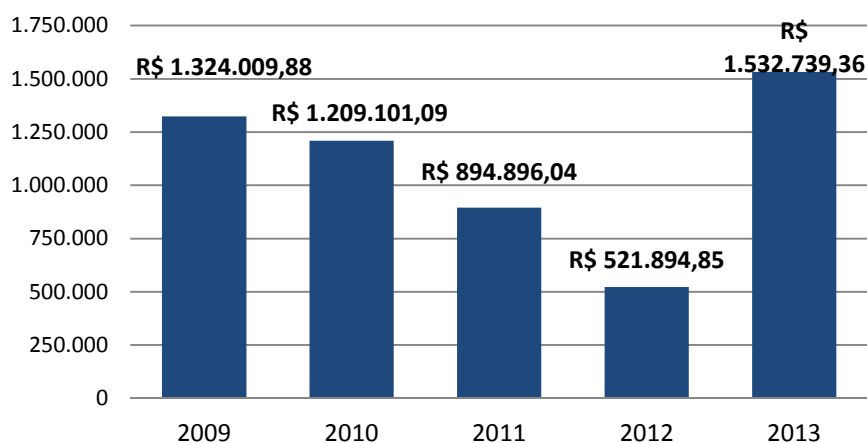
Fonte: elaborada pelo autor (2016).

Figura 8 – Custo de 'HH' em planos de manutenção preventiva.



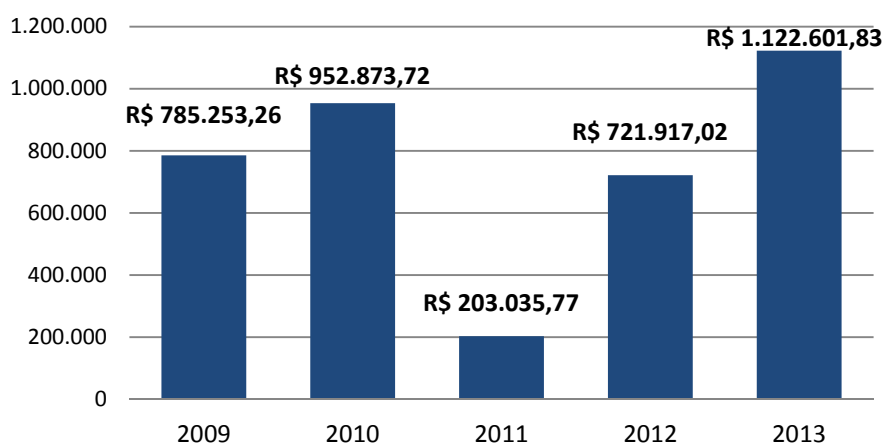
Fonte: elaborada pelo autor (2016).

Figura 9 - Custo de material em planos de manutenção preventiva.



Fonte: elaborada pelo autor (2016).

Figura 10 - Custo de serviços contratados em planos de manutenção preventiva.



Fonte: elaborada pelo autor (2016).

Os dados apresentados nas figuras não estão corrigidos para a inflação, que no período de 2009 a 2013 acumula aproximadamente 32%. É necessário trazer todas as despesas a Valor Presente (VP) para eliminar as diferenças resultantes da inflação. A base será o início de 2009. Deve-se escolher o melhor indicador inflacionário para cada uma das despesas analisadas no trabalho (HH, Material e Serviços), ou seja, o índice mais utilizado para reajuste de valor de cada uma dessas despesas. Para 'HH' o indicador que apresenta maior relação é o Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC), devido à sua relação com os reajustes do Salário Mínimo. As despesas de HH ajustados a VP 2009 estão na tabela 1.

Tabela 1 – Despesas de pessoal (HH) a Valor Presente 2009.

Ano	Valor sem ajuste (R\$)	INPC (%)		VP (R\$)
		Anual	Acumulado	
2009	1.232.048,54	4,11	4,11	1.183.410,37
2010	401.326,59	6,47	10,85	362.058,07
2011	254.899,34	6,08	17,59	216.778,15
2012	406.479,43	6,20	24,88	325.507,38
2013	865.559,84	5,56	31,82	656.628,89

Fonte: elaborada pelo autor (2016).

O Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo apresenta maior relação com as variações de despesa com material, pois é o índice oficial de inflação. As despesas de material ajustadas a VP 2009 estão na tabela 2.

Tabela 2 – Despesas de material a Valor Presente 2009.

Ano	Valor sem ajuste (R\$)	IPCA (%)		VP (R\$)
		Anual	Acumulado	
2009	1.324.009,88	4,31	4,31	1.269.302,92
2010	1.209.101,09	5,91	10,47	1.094.459,51
2011	894.896,04	6,50	17,66	760.606,56
2012	521.894,85	5,84	24,53	419.102,89
2013	1.532.739,36	5,91	31,89	1.162.168,20

Fonte: elaborada pelo autor (2016).

O Índice Geral de Preços ao Mercado (IGP-M) é largamente utilizado em contratos de serviços. As despesas de serviço ajustadas à VP 2009 estão na tabela 3.

Tabela 3 – Despesas com serviço a Valor Presente 2009.

Ano	Valor sem ajuste (R\$)	IGP-M (%)		VP (R\$)
		Anual	Acumulado	
2009	785.253,26	-1,71	-1,71	798.933,40
2010	952.873,72	11,32	9,42	870.873,70
2011	203.035,77	5,10	14,99	176.562,79
2012	721.917,02	7,81	23,98	582.300,55
2013	1.122.601,83	5,53	30,83	858.079,29

Fonte: elaborada pelo autor (2016).

Todos os três custos apresentaram uma redução ao longo do período de implantação do trabalho (2009 a 2011). Em 2012 ocorreram aumentos de despesas em relação a 2011 para HH (50%) e serviços (238%) enquanto material apresentou uma queda de 45%. Os valores para HH e serviço registram aumento, 50% mas mantiveram-se abaixo do valor de 2009. Em 2013 todos os três apresentaram significativa elevação.

O crescimento dos custos de homem-hora, materiais e contratos, vistos no ano de 2013, explica-se pelo fato da execução de atividades de manutenção de grade monta, a exemplo de manutenção de motores diesel, guindastes e equipamentos intrínsecos à perfuração como *Risers*, onde a demanda de pessoal envolvido, próprios e contratados, e materiais é bastante significativa.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho propôs uma sistemática para reavaliação de planos de manutenção, que permitiu implantar uma gama de variáveis importantes ao processo de manutenção industrial *offshore*. O modelo de manutenção baseado no histórico de falhas dos equipamentos, elaborado em conjunto com a equipe de bordo, aliado às boas práticas contidas nos manuais de operação e manutenção, foi fator preponderante no desenvolvimento das listas de tarefas criadas a partir do exercício da FMEA. Assim, foi possível assegurar a segurança do pessoal envolvido por adequação às normas de segurança e operação vigentes, com atividades focadas em componentes estritamente relevantes ao processo industrial, de forma a reduzir o número planos de manutenção, intervenções preventivas e paradas de equipamentos, refletindo diretamente nos custos de manutenção.

O rearranjo da árvore estrutural de equipamento, mostrado na figura 6, e locais de instalação no SAP ERP possibilitou nivelar conhecimento e utilização do sistema SAP nas unidades fabris, melhorar o suporte técnico prestado às plataformas, no que concerne ao atendimento *online* do suporte de base à equipe de bordo, identificar os equipamentos nos sistemas aos quais pertencem e agilizar a coleta de dados relativos à manutenção (homem-hora, tarefas, leitura de horímetros, ordens e notas PM etc.), com vistas à preparação de relatórios e gráficos inerentes à gestão da manutenção.

Os dados de custos (figuras 7, 8 e 9) evidenciam a eficácia do trabalho implementado, com grande impacto nas despesas de material e ‘HH’, resultado em sintonia com a metodologia MCC/FMEA. O impacto em serviços foi significativo (14%), mas inferior a material (31%) e HH (66%), pois algumas tarefas estão relacionadas a projetos de melhoria e existem normas de manutenção e padrões que não foram objeto do trabalho. Devido ao acesso de dados contábeis de apenas uma plataforma, não foi possível a comparação de resultados e validação da taxa de material para outras unidades semelhantes.

No decorrer das atividades após a reavaliação dos planos de manutenção, alguns benefícios merecem ser destacados, ainda que sejam frutos de etapas secundárias, porém não menos importantes no processo. São elas a melhoria na catalogação dos documentos técnicos no SAP ERP, integração dos centros de trabalho (mecânicos, eletricitas, instrumentistas, supervisores e coordenadores) na execução das atividades de bordo e simplificação do acesso às informações contidas no sistema gestor tanto do panorama de manutenção em si, quanto de requisição e acompanhamento de estoques de sobressalentes e insumos.



Como base para trabalhos futuros, sugere-se a inclusão de avaliação quantitativa em termos de redução de custos operacionais, tais como logística de embarque/desembarque, encargos sociais e contratos de manutenção. Inserir também valores estatísticos de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade de equipamentos, com base nos dados das ordens e notas de manutenção disponíveis no sistema gestor SAP ERP módulo PM.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994. 37 p.
- FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. S. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. 2ª reimpressão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- LAFRAIA, J. R. B. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.
- MORTELARI, D.; SIQUEIRA, C.; PIZZANI, N. **O RCM na quarta geração de manutenção de ativos**. São Paulo: RG Editores, 2011.
- MOUBRAY, J. **Manutenção Centrada em Confiabilidade**. 2. ed. Aladon Ltd. Lutterford, Inglaterra, 2000.
- PINTO, A. K.; LAFRAIA, J. R. B. **Gestão Estratégica e Confiabilidade**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- SILVA, I. A. T.; GAMA, M. O. P. **Proposta de um plano de Manutenção Centrada em Confiabilidade para máquinas carregadeiras em uma empresa de transporte rodofluvial e logística em Belém-PA**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade da Amazônia, Belém, 2013.
- RCM - Manutenção Centrada em Confiabilidade. Disponível em  
<<http://www.excellenceconsult.com.br/index.php/homepage/consultoria/148-rcm-manutencao-centrada-em-confiabilidade>>. Acesso em 28/10/2016.