

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE**

WAGNER DE CASTRO ALVES E SILVA

**IMPLANTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE MANUTENÇÃO BASEADO
EM CONFIABILIDADE NA MINERAÇÃO**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2017

WAGNER DE CASTRO ALVES E SILVA

**IMPLANTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE CONFIABILIDADE NA
MINERAÇÃO**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Rigoni

Co-orientador: Claudio Caiani Spanó

CURITIBA

2017



TERMO DE APROVAÇÃO

IMPLANTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE CONFIABILIDADE NA MINERAÇÃO

por

WAGNER DE CASTRO ALVES E SILVA

Esta monografia foi apresentada em 10 de novembro de 2017, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Emerson Rigoni, Dr. Eng.
Professor Orientador – UTFPR

Prof. Carlos Henrique Mariano Dr.
Membro Titular da Banca – UTFPR

Prof. Marcelo Rodrigues Dr.
Membro Titular da Banca - UTFPR

Dedico este trabalho à minha esposa, pela compreensão devido à ausência e aos momentos, onde a atenção estava voltada somente para a elaboração deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Emerson Rigoni, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus colegas de sala.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha esposa, pois acredito que sem o apoio dela seria muito difícil vencer esse desafio, sempre me apoiando nos momentos difíceis.

Gostaria de deixar registrado o agradecimento do meu ex gerente Fabrício Salviato pelo direcionamento correto em minha carreira e a confiança depositada.

Aos companheiros de equipe Werich patrocínio e Caíque Souza pelo incentivo e palavras de apoio em momentos difíceis.

Aos professores Dennis Mazzei, Claudio Spanó e José Monteiro pelas orientações objetivas e práticas.

Enfim, a todos que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

SILVA, Wagner de Castro Alves e. **Implantação de um programa de confiabilidade na mineração**. 2017. 146. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

O estudo proposto visa criar um programa de confiabilidade para o Terminal Portuário de Tubarão controlado pela Vale. Inicialmente, o trabalho apresenta o cenário da mineração até 2016, da Vale e a posição estratégica do Terminal de Tubarão. A partir da leitura do cenário do Terminal e das mudanças ocorridas internas, é apresentado o planejamento estratégico bianual, que suportaria a manutenção para os próximos anos. Em paralelo, foi criado a espinha dorsal de um de programa de confiabilidade em 9 etapas. As 130 iniciativas dos 11 objetivos estratégicos do planejamento de metas foram distribuídas ao longo destas 9 etapas de implementação, que elevariam o patamar de confiabilidade da planta a níveis ótimos de disponibilidade e redução de custos. Portanto, o trabalho criou o planejamento estratégico bianual, as etapas de implantação do programa de confiabilidade, mapa de indicadores, treinamentos, catálogo de produtos de confiabilidade de curto, médio e longo prazos, mapa das áreas de atuação da confiabilidade, exemplos de aplicações em várias áreas e por final um centro de monitoramento de ativos estruturado com base no conceito de inspeção integrada.

Palavras-chave: Planejamento estratégico. RCM. FMECA. Análise de dados de vida. Confiabilidade de sistemas. Análise de degradação. Otimização da confiabilidade. Crescimento da confiabilidade. Inspeção integrada. Centro de monitoramento de ativos.

ABSTRACT

SILVA, Wagner de Castro Alves e. **Implementation of a reliability program mining company**. 146. Monography (Specialization in Reliability Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2017.

The proposed study aims to create a reliability program for Tubarão Port Terminal controlled by Vale. Initially, the paper presents Vale's mining scenario until 2016 and the strategic position of the Tubarão Terminal. From the reading of the scenario of the Terminal and the changes that took place inside, the biannual strategic planning was presented, which would support the maintenance for the coming years. In parallel, the backbone of a 9-step reliability program was created. The 130 initiatives of the 11 strategic objectives of goal planning were distributed throughout these 9 implementation stages, which would raise the reliability level of the plant to optimum levels of availability and cost reduction. Therefore, the work created biannual strategic planning, the implementation stages of the reliability program, map of indicators, training, catalog of short-, medium- and long-term reliability products, map of areas of reliability, examples of applications in various areas and ultimately an asset tracking center structured on the basis of the concept of integrated inspection.

Keywords: Strategic planning. RCM. FMECA. Life data Analysis. Systems Reliability. Degradation analysis. Reliability Optimization. Reliability Growth Analysis. Integrated inspection. Asset Monitoring Center.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 2.1 – Demanda Chinesa de minério de ferro de 2011 a 2017	22
Gráfico 2.2 – Preço do minério de ferro de 2012 a 2016.....	22
Gráfico 2.3 – Frota mercante mundial disponível em dwt.....	23
Gráfico 2.4 – Margem das empresas de mineração.....	23
Gráfico 2.4 – Dívida estratificada em amortização e tipo de moeda.....	25
Gráfico 2.5 – Número de empregados da Vale	26
Gráfico 3.2 – MTBF do Terminal de Tubarão (descarga + embarque MF).....	34
Gráfico 4.1 – Quantidade de iniciativas por objetivo estratégico	47
Gráfico 4.2 – Mapa de competências do engenheiro de confiabilidade e pontuação da atual supervisão	52
Gráfico 6.1 – Função degradação do isolamento dos motores	84
Quadro 2.1 – Valor das exportações em dólares e em toneladas movimentadas no Brasil.	24
Quadro 3.1 - Produtos movimentados pelo terminal nos últimos 7 anos.....	30
Quadro 3.2 - Comparação dos TOP 15 percentuais de movimentação dos terminais marítimos nos últimos 6 anos de coque e hulha	31
Quadro 3.3 Relação manutenção emergencial x sistemática base tempo e Tipo de manutenção no terminal de Tubarão.....	35
Quadro 4.1 – Quadro de clientes e produtos atuais da supervisão.....	40
Quadro 4.2 – Lista de produtos e clientes futuros da confiabilidade	41
Quadro 4.3 – Missão e Visão da engenharia de confiabilidade portuária	42
Quadro 4.4 – Lista da pontuação de cada fator crítico após discussão.	45
Quadro 4.5 – Número de fatores críticos levantados e índice de favorabilidade calculado.	45
Quadro 4.7 – Lista dos componentes mais consumidos nos primeiros 6 meses de 2016 do terminal de Tubarão.	50
Quadro 4.8 – Lista de pessoas que participaram dos treinamentos.....	53
Quadro 6.1 – Dados de isolamento de motores a serem analisados	82
Quadro 6.2 – Escolha do melhor modelo de degradação utilizando o Weibull Wizard	83
Quadro 6.3 – Parâmetros da função de degradação	83
Quadro 6.4 – TTF estimado para os motores dos carregadores de navio 3 e 4.	84
Gráfico 6.1 – Função degradação do isolamento dos motores	84
Quadro 6.5 – Modelos de dados de vida priorizados para estimação da pdf	85
Quadro 6.6 – Distribuições ranqueadas e seus parâmetros.....	86
Quadro 6.7 – Confiabilidade dos motores para vida remanescente.....	86
Quadro 6.8 – Forecast de confiabilidade para os próximos 30 dias.....	87
Quadro 6.9 – Delineamento planejado e pronto para realização de testes	91
Quadro 6.9 – Forecast de confiabilidade para os alimentadores 4 e 5	94

Figura 3.1 - Terminais portuários do Complexo de Tubarão	28
Figura 4.2 – Estrutura organizacional da engenharia de confiabilidade	37
Figura 4.1 – Metodologia e etapas de implementação de um planejamento estratégico.....	38
Figura 4.2 – Mapa estratégico da Diretoria	43
Figura 4.3 – mapa estratégico da engenharia de confiabilidade	44
Figura 4.4 – Categoria do índice de favorabilidade	46
Figura 4.5 – Estatística da análise se SWOT	46
Figura 4.6 – Lista de iniciativas divididas por cada software e área de estudo de confiabilidade	48
Figura 4.8 – Treinamentos In Company ministrados pela Reliasoft.	53
Figura 5.1 - Diretrizes da Organização e atuação da Manutenção	56
Figura 5.2 – Etapa 1	57
Figura 5.3 – Etapa 2.....	58
Figura 5.4 – Fluxograma de decisão para definição da criticidade do ativo	58
Figura 5.5 – Etapa 3.....	59
Figura 5.6 – Etapa 4.....	61
Figura 5.7 – Análise trimestral aumento/redução	62
Figura 5.8 – Rotina PDCA e SDCA de um processo de análise e resolução de problema	63
Figura 5.9 – Rotina de relatórios de confiabilidade.....	64
Figura 5.10 – Conceito de base de dados tipo constelação de fatos	65
Figura 5.11- Dashboard de recorrência de falhas por mês.	66
Figura 5.12 – Dashboard de gestão de ações.....	66
Figura 5.13 – Confiabilidade, Manutenibilidade e FTA interativa	67
Figura 5.14 – Códigos RStudio para cálculo de confiabilidade acima	67
Figura 5.15 – Etapa 5.....	69
Figura 5.16 – Etapa 6.....	70
Figura 5.17 – Etapa 7.....	71
Figura 5.18 – Etapa 8.....	72
Figura 5.19 – Fluxo de decisão de análise de confiabilidade	73
Figura 5.20 – Benefícios de análises qualitativas e quantitativas de confiabilidade..	74
Figura 5.21 – Catálogo de produtos de confiabilidade na linguagem da manutenção.	75
Figura 5.22 – Produtos estratificados por área de conhecimento	76
Figura 5.23 – Etapa 9.....	77
Figura 6.1 – Dados de isolamento dispostos no Weibull++.....	82
Figura 6.2 – Peso dos testes de aderência	85

Figura 6.3 – Acoplamento variável mostrando o acionamento do pescador via motor.	88
Figura 6.4 – Corrente do Motor 1 e do motor 2 quando ocorre falha	89
Figura 6.5 – Delineamento de experimento TC04.....	90
Figura 6.6 – RBD do alimentador de fertilizante 04.....	93
Figura 6.7 – RBD do alimentador de fertilizante 05.....	93
Figura 6.8 – Vida média dos alimentadores de fertilizante	94
Figura 7.1 – Exemplo de lista de ativos do 5 nível para o 7 nível.....	106
Figura 7.2 – Acompanhamento semanal de apropriação de classe de falha nas ordens de manutenção.....	107
Figura 7.3 – Perdas dos processos na reportagem no site oficial da empresa	108
Figura 7.4 – CMA	109
Figura 7.5 – Relatórios de análises do CMA	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Produtores, usuários, exportadores e importadores de minério e aço e suas participações no mercado.....	21
Tabela 2.2 – Balanço Financeiro da Vale nos últimos anos.....	25
Tabela 2.3 – valor de investimentos por tipo em bilhões de dólares.....	26
Tabela 4.2 – Lista de tipo de ativos que mais se consome recursos financeiros	49
Tabela 6.1 – Analise de degradação etapa de planejamento.....	81

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

5W2H	What, When, Who, Why, Where, How Much, How
BSC	Balanced Scorecard
CCM	Centro de Controle da Manutenção
CIMA	Centro Integrado de Monitoramento de Ativos
CMMS	Computerized Maintenance Management System
CN	Carregador de Navio
CPD	Cliente, Produtividade e Diferencial
DILP	Diretoria de engenharia e projetos
DIOP	Diretoria de Operações Portuárias
DIVM	Diretoria de Ferrovia
DOE	Design of Experiments
DWT	Deadweight tonnage
EE	Empilhadeira Escrava
EP	Empilhadeira
ER	Empilhadeira Recuperadora
ERP	Enterprise Resource Planning
FMDS	Floor management development system
FMEA	Failure Mode and Effective Analysis
GERROT	Reunião de Gestão da rotina
GUT	Matriz de gravidade, urgência e tendência
LCC	Life cycle cost
LDA	Life data analysis
MASP	Método de análise e solução de problema
MCS	Motivo, causa e solução
MTBF	Mean time between failure
MTTR	Mean time to repair
PDCA	Método de análise e solução de problema PLAN - DO - CHECK - ACT
pdf	Função densidade de probabilidade de falha
PF	Intervalo entre falha potencial e falha real
RABE	Rapidez, Autonomia, Benefício, Estruturante
RBD	Reliability block diagrams
RC	Recuperadora

RCA	Root Cause Analysis
RCM	Reliability centered Maintenance
RH	Recursos humanos
SDCA	Método de análise e solução de problema Standart; Do; Check e Action
SH2	Sistema Harmonizado onde o 2 representa o capitulo da carga
SH4	Sistema Harmonizado onde o 4 representa a posição da carga
SWOT	Forças (Strengths), Fraquezas (Weaknesses), Oportunidades (Opportunities) e Ameaças (Threats)
TAF	Tratamento de falhas
TPD	Terminal de Produtos Diversos
TPM	Terminal de Praia Mole
TTF	Tempo para a falha
TU	Terminal de Tubarão
VPS-M	Vale production System-Maintenance
VV	Virador de Vagões

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	15
1.1 PREMISSAS E PROBLEMAS DA PESQUISA	15
1.2 OBJETIVOS.....	17
1.2.1 Objetivos Gerais	17
1.2.2 Objetivos específicos	18
1.3 JUSTIFICATIVA.....	18
1.4 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS	19
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	19
CAPÍTULO 2 – CENÁRIO DA MINERAÇÃO	21
2.1 CENÁRIO DA MINERAÇÃO MUNDIAL.....	21
2.2 CENÁRIO DA MINERAÇÃO NO BRASIL.....	24
2.3 CENÁRIO DA MINERAÇÃO NA VALE.....	25
CAPÍTULO 3 – COMPLEXO DE TUBARÃO	28
3.1 DESCRITIVO	28
3.2 TERMINAIS PORTUÁRIOS DO COMPLEXO DE TUBARÃO.....	28
3.3 HISTÓRICO.....	29
3.4 PRODUTOS MOVIMENTADOS	30
3.5 PARTICIPAÇÃO NO CENÁRIO NACIONAL	30
3.6 PARQUE DE ATIVOS DO TERMINAL	31
3.7 PROBLEMAS DO TERMINAL DE TUBARÃO.....	33
CAPÍTULO 4 – PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO	36
4.1 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL.....	36
4.1.1 Vantagens da departamentalização por produtos	36
4.1.2 Estrutura	37
4.2 PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO	38
4.2.1 Produtos atuais.....	40
4.2.2 Produtos futuros	41
4.2.3 Missão e visão	42
4.2.4 Mapa estratégico	42
4.2.5 SWOT	45
4.2.6 Iniciativas estratégicas.....	47
4.2.7 Perfil de Custos	49
4.2.8 Conclusão.....	51
4.3 MAPA DE COMPETENCIAS E MAPEAMENTO INTERNO	52
CAPÍTULO 5 - ETAPAS DE IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE CONFIABILIDADE	55
5.1 INTRODUÇÃO.....	55
5.2 ETAPA 1	56
5.3 ETAPA 2	57
5.4 ETAPA 3	59
5.5 ETAPA 4	60
5.6 ETAPA 5	68

5.7	ETAPA 6	69
5.8	ETAPA 7	70
5.9	ETAPA 8	72
5.10	ETAPA 9	77
5.11	CONCLUSÃO	78
CAPÍTULO 6 - CASES.....		79
6.1	ANALISE DE DEGRADAÇÃO EM MOTORES DE CORRENTE ALTERNADA DE TRANSPORTADORES DA LANÇA DE CARREGADORES DE NAVIO.	79
6.1.1	Problema	79
6.1.2	Justificativa	80
6.1.3	Benefícios imediatos.....	80
6.1.4	As 5 etapas.....	81
6.1.5	Conclusão.....	87
6.2	REGULAGEM DOS PESCADORES 1 E 2 DO ACOPLAMENTO VARIÁVEL DO TRANSPORTADOR TRTC04 DE GRANEL SÓLIDO DO TERMINAL DE PRAIA MOLE USANDO A TÉCNICA DE DELINEAMENTO DE EXPERIMENTOS DOE..	88
6.2.1	Problema	88
6.2.2	Delineamento.....	88
6.2.3	Etapas do delineamento	90
6.2.4	Conclusão.....	91
6.3	ESPECIFICAÇÃO DA CONFIABILIDADE PARA ALIMENTADORES MÓVEIS DE FERTILIZANTES.....	92
6.3.1	Problema	92
6.3.2	Etapas.....	92
6.3.3	Conclusão.....	96
6.4	ANÁLISE DE FOLGA DE BUCHA EM EIXOS ATÉ 125MM NO TERMINAL PORTUARIO DE PRAIA MOLE	97
6.4.1	Problema	97
6.4.2	Etapas.....	97
6.4.3	Conclusão.....	103
CAPÍTULO 7 - RESULTADOS E CONCLUSÃO		105
7.1	RESULTADOS	105

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a manutenção industrial tem passado por muitas mudanças. Estas alterações são consequências, de acordo com Alan Kardec e Nascif (2009) de:

- Aumento, bastante rápido do número e da diversidade dos itens físicos (instalações, equipamentos e edificações) que têm que ser mantidos.
- Projetos mais complexos;
- Novas técnicas de manutenção;
- Novos enfoques sobre a organização da manutenção e suas responsabilidades;
- Importância da manutenção como função estratégica para melhoria dos resultados do negócio e aumento da competitividade das organizações.

Estas mudanças exigem novas posturas e dedicação do corpo gerencial e principalmente do corpo técnico. É diferencial competitivo ser proativo, mudar hábitos e ser interdependente. Neste sentido a engenharia de confiabilidade tem papel fundamental.

1.1 PREMISSAS E PROBLEMAS DA PESQUISA

A cronologia da manutenção é marcada por 4 gerações distintas, onde segundo Alan Kardec e Nascif (2009), a primeira geração é marcada pela manutenção após falha ter ocorrido, chamada de manutenção reativa ou corretiva.

A segunda pelo surgimento e necessidade da manutenção preventiva e a terceira geração pela necessidade de disponibilidade, confiabilidade, qualidade e uma boa relação custo benefício.

A quarta geração da manutenção tem como característica, a busca pela disponibilidade ideal ao menor custo possível, com índices de saúde e segurança elevados, sem afetar o meio ambiente. Para isso ocorrer a manutenção necessita gerir os ativos com foco nos resultados do negócio.

De acordo com Alan Kardec e Nascif (2009) a gerência moderna precisa ser suportada por uma visão de futuro e ter processos de gestão onde a satisfação dos clientes é o resultado da qualidade dos produtos e processos internos da gerência.

A manutenção da quarta geração, ainda segundo Alan Kardec e Nascif (2009), traz o conceito de que a manutenção existe para que não haja manutenção e o corpo técnico, executantes, necessitam de qualificação, estrutura e equipamentos que os suportem para assim, evitar falhas sistematicamente.

A manutenção, para ser estratégica precisa estar voltada para os resultados empresariais da organização. E preciso, sobretudo, deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz; ou seja, não basta, apenas, reparar o equipamento ou instalação tão rápido quanto possível, mas é preciso principalmente, manter a função do equipamento disponível para a operação, reduzindo a probabilidade de uma parada de produção não planejada (Alan Kardec e Nascif, 2009).

Neste universo de gestão de ativos, sendo a manutenção função estratégica da organização, emerge a questão principal deste trabalho que é: **A estratégia atual de manutenção do Terminal de Tubarão está gerando resultados sustentáveis e está suportando os objetivos da organização?**

Surgem questionamentos subjacentes como:

Como está o cenário da mineração mundial?

Como está o cenário do Terminal de Tubarão?

Como está a evolução da disponibilidade ao longo dos anos do Terminal de Tubarão?

Os indicadores como, confiabilidade e manutenibilidade estão melhorando?

Quais são as estratégias usadas atualmente?

Existe equipe dedicada e treinada nas diversas áreas que se propõe a ciência confiabilidade e a gestão de ativos?

Existe um portfólio de produtos a serem demandados?

Quais são os componentes que mais se gasta no Terminal de Tubarão?

A liderança conhece confiabilidade, seus produtos e ganhos?

A taxonomia dos ativos físicos estão hierarquizados no CMMS atual?

A criticidade dos ativos estão definidas?

Existe um método de análise e solução de problemas bem definido?

Existe coleta e tratamento das falhas não planejadas? É automatizado?

Existe um processo consolidado de confiabilidade?

Existe RCM para ativos críticos?

Existem trabalhos realizados usando quais técnicas de confiabilidade?

Existe um centro de monitoramento de ativos?

Existem trabalhos de confiabilidade de sistemas e LCC?

Respondendo essas perguntas é possível avaliar e propor melhorias na estratégia atual de manutenção.

1.2 OBJETIVOS

Nos últimos 2 anos, a DIOP, passou por uma profunda mudança em sua arquitetura organizacional. Esta ação é oriunda das novas estratégias de atuação frente a um mercado altamente completo e rentável que é o mercado de minério de ferro.

Algumas supervisões se dividiram, outras se fundiram e vários profissionais foram remanejados ou desligados, exigindo um novo mapeamento dos stakeholders e dos produtos a serem entregues pela engenharia de confiabilidade.

A engenharia de confiabilidade, seguindo a nova estrutura da organização, se fundiu com a engenharia de manutenção, necessitando, no sentido de arquitetura organizacional, ser muito mais orgânica, produtiva e eficiente, do que uma estrutura mecanicista à moda antiga/clássica/estatal que existia anteriormente.

Com a chegada do novo líder, houve a abertura e confiança necessária para desenvolver novos produtos, estratégias e entregas mais rápidas e eficientes para os novos stakeholders que se formaram.

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar e propor uma estratégia de manutenção baseada em confiabilidade e iniciar a implantação desta estratégia com iniciativas estruturantes que sustentarão a manutenção portuária para os próximos anos, independentemente de qualquer oscilação de mercado ou de estrutura, inserindo conceitos de gestão de ativos e confiabilidade como pilar estratégico.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Criar um planejamento estratégico bianual contendo, missão, visão, clientes novos, produtos a serem entregues, levantar oportunidades, forças, fraquezas, ameaças atuais;
- Criar o mapa estratégico contendo os objetivos estratégicos e suas respectivas iniciativas.
- Mapear o nível de conhecimento da supervisão de confiabilidade nas diversas áreas de conhecimento da ciência confiabilidade.
- Criar portfólio de produtos práticos de confiabilidade aplicáveis à manutenção de curto prazo e de médio prazo.
- Criar as etapas para se implantar um programa de confiabilidade
- Criar um perfil de custos, verificando quais são os componentes e materiais que o Terminal de Tubarão mais gasta.
- Propor soluções de problemas rotineiros da manutenção usando técnicas e métodos propostos pela ciência confiabilidade, difundindo os conceitos de confiabilidade em todos os níveis hierárquicos da empresa.

1.3 JUSTIFICATIVA

O trabalho se justifica devido a inexistência, no terminal de Tubarão, de uma estratégia de manutenção clara, sustentável, enxuta, direta, baseada em métodos estatísticos, que suportem as decisões e o dia a dia da manutenção. Os planos de manutenção são baseados em experiência, fabricante ou sentimento do executante e não focados na perda da função do ativo. Nenhum estudo de taxa de falha é realizado, tornando os planos equivocados mediante cada comportamento de falha.

Para atingirmos a disponibilidade requerida no terminal ao menor custo possível, o suporte da engenharia de confiabilidade é imprescindível e necessário.

- Criar um planejamento estratégico bianual se faz necessário para desdobrarmos a estratégia da alta diretoria para toda a base.

- Elaborar o mapa estratégico se faz necessário, para levantarmos juntos quais são as iniciativas que deverão ser priorizadas e implementadas a curto, médio e longo prazos.
- Criar portfólio de produtos práticos de confiabilidade aplicáveis à manutenção de curto prazo se faz necessário devido ao desconhecimento de vários engenheiros e da liderança, nos conceitos da ciência confiabilidade e o que ela pode ajuda-los no dia a dia.
- Criar as etapas para se implantar um programa de confiabilidade se faz imprescindível para a alta direção apoiar e suportar o cronograma de implantação
- Criar um perfil de custos se faz necessário para conhecermos os componentes que mais gastamos. Dado que a missão da confiabilidade é reduzir custos, faremos estudos de confiabilidade para reduzir custos dos componentes que nos mais gastamos.
- O trabalho também visa criar um portfólio de produtos para que seja vitrine da ciência confiabilidade e suas capacidades de entrega para os stackholders, principalmente engenheiros, inspetores, a base que necessita das informações para auxiliar a rotina da manutenção.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

Os autores Silva e Menezes (2005) classificam uma pesquisa quanto a natureza, procedimentos, objetivos e abordagens.

Este trabalho visa, segundo as abordagens citadas, quanto a natureza, ser uma pesquisa aplicada enquanto que os objetivos exploratórios.

Quanto às abordagens serão os dois tipos, qualitativas e quantitativas.

Quanto aos procedimentos será de estudo de casos múltiplos.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido em 7 capítulos, onde o primeiro capítulo é composto pela introdução, premissas e problema da pesquisa, objetivos, justificativas, procedimentos metodológicos e estrutura do trabalho.

O Capítulo 2 será responsável pelo estudo do cenário da mineração mundial, brasileira e situação atual da Vale no cenário nacional.

O capítulo 3 será responsável pela análise do Terminal de Tubarão e seus problemas.

O Capítulo 4 será apresentada a estrutura atual da engenharia de confiabilidade, o planejamento estratégico contendo produtos atuais, produtos futuros, missão, visão, SWOT, iniciativas estratégicas, mapa estratégico, perfil de custos.

O capítulo 5 será responsável pela explicação das etapas de implementação de um programa de confiabilidade. de 1 a 9.

O capítulo 6 será apresentação de cases oriundos da elaboração de produtos de curto prazo para degustação de produtos de confiabilidade pelas lideranças e engenheiros da manutenção.

O capítulo 7 apresentara resultados e conclusões.

CAPÍTULO 2 – CENÁRIO DA MINERAÇÃO

O setor de mineração mundial, passa por uma grande reformulação, cercado de incertezas, provocadas pelo desgaste pós super ciclo do minério de ferro, onde grandes volumes foram movimentados com preços elevadíssimos da *commoditie*.

2.1 CENÁRIO DA MINERAÇÃO MUNDIAL

O cenário da mineração mundial, particularmente, o mercado de minério de ferro e do aço, depende muito do mercado chinês, conforme relatório de transporte marítimo da *United Nations Conference on Trade and Development*, UNCTAD (2016), onde o mesmo posiciona os países, produtores e usuários e seus respectivos *market share*.

Tabela 2.1 - Produtores, usuários, exportadores e importadores de minério e aço e suas participações no mercado.

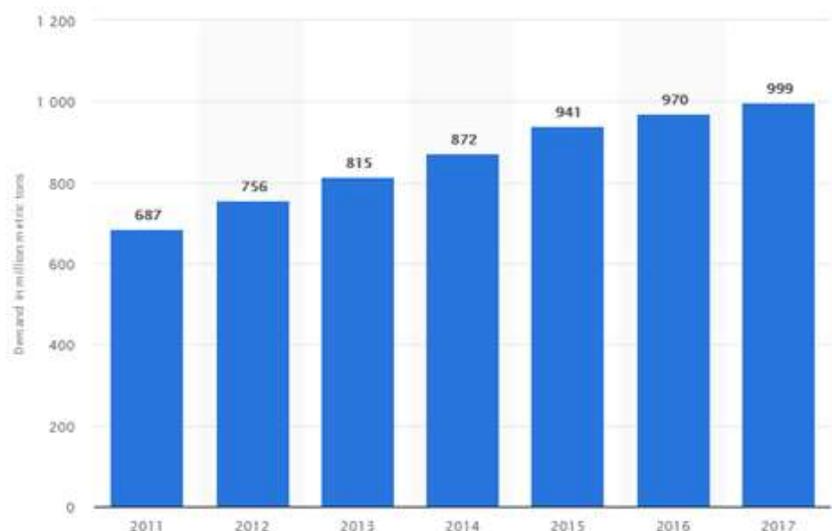
Steel producers		Steel users		Coal exporters		Coal importers	
China	50	China	46	Australia	33	India	19
Japan	6	United States	7	Indonesia	32	Japan	16
India	6	India	5	Russian Federation	9	Europe	15
United States	5	Japan	4	Colombia	7	China	14
Russian Federation	4	Republic of Korea	4	South Africa	7	Republic of Korea	11
Republic of Korea	4	Russian Federation	3	United States	5	Taiwan Province of China	5
Germany	3	Germany	3	Canada	2	Malaysia	2
Brazil	2	Turkey	2	Other	5	Thailand	2
Turkey	2	Mexico	1			Other	16
Ukraine	1	Brazil	1				
Other	17	Other	24				
Iron ore exporters		Iron ore importers		Grain exporters		Grain importers	
Australia	54	China	70	United States	22	Asia	33
Brazil	27	Japan	10	Russian Federation	19	Africa	22
South Africa	5	Europe	8	European Union	14	Developing America	19
Canada	3	Republic of Korea	5	Ukraine	11	Western Asia	16
Ukraine	1	Other	7	Argentina	9	Europe	7
Sweden	1			Canada	8	Transition economies	3
Other	9			Other	17		

Fonte: UNCTAD (2016).

O mercado de granéis sólidos, particularmente cargas do Sistema Harmonizado capítulo 2, SH2, como minério de ferro e aço dependem muito do mercado Chinês e de grandes países produtores como Brasil e Austrália.

Nos últimos 5 anos segundo a demanda de minério de ferro só aumenta na China e a perspectiva é só de aumento para os próximos anos, apesar de menor do aumento ser menor do que os outros anos.

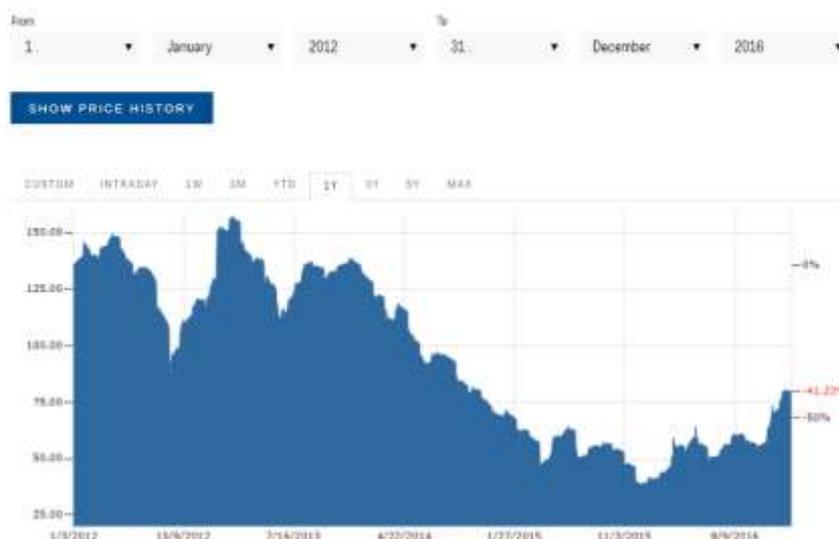
Gráfico 2.1 – Demanda Chinesa de minério de ferro de 2011 a 2017



Fonte: Banco de Dados, STATISTA, 2016

O preço do minério de ferro continua com tendência de queda para os próximos anos, chegando a 41% menor em relação a 2012, ano final do superciclo.

Gráfico 2.2 – Preço do minério de ferro de 2012 a 2016

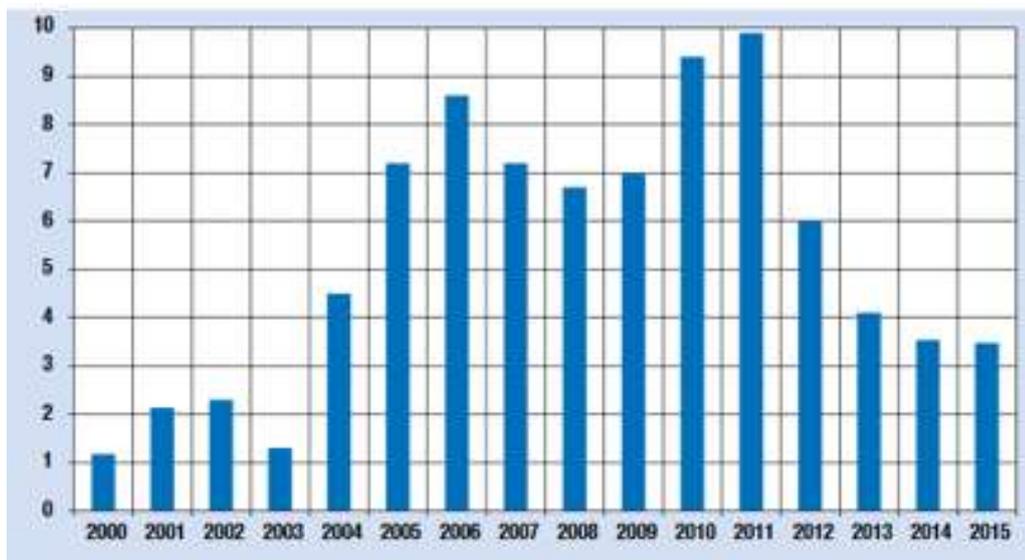


Fonte: MARKET INSIDERS (2016).

A queda da *commodity* afetou diversos países, principalmente o mercado brasileiro.

Outra variável que influenciou o mercado foi o decréscimo da frota mercante disponível no globo.

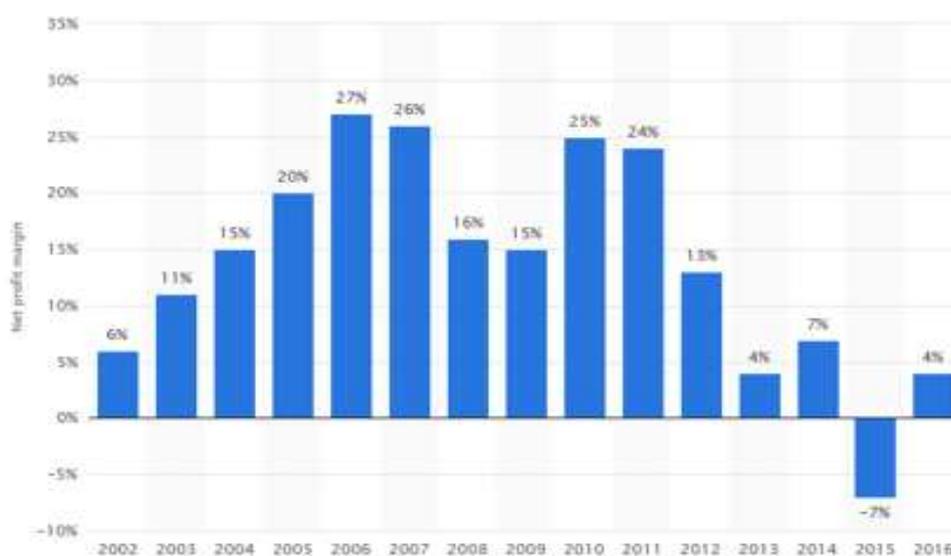
Gráfico 2.3 – Frota mercante mundial disponível em *Deadweight tonnage*, dwt



Fonte: UNTAD (2015).

O fator decréscimo da frota mercante, elevou o preço do frete e diminuiu a margem das maiores empresas exportadoras de metais.

Gráfico 2.4 – Margem das empresas de mineração



Fonte: BANCO DE DADOS, STATISTA, 2016.

Com uma margem muito baixa as empresas são forçadas a ter custos estratégicos bem definidos e ao menor valor possível.

2.2 CENÁRIO DA MINERAÇÃO NO BRASIL

O cenário da mineração segue tendência mundial e apresenta também quedas acentuadas de receita, apesar de recuperação de grandes setores, como ouro, cobre, bauxita. O valor de receita de minério de ferro caiu 48% em relação a 2014, confirmando crise do setor.

Quadro 2.1 – Valor das exportações em dólares e em toneladas movimentadas no Brasil.

Exportações minerais (US\$ FOB)			
Produtos minerais	2014	2015	2016
Minério de ferro	25.819.090.176	14.076.103.623	13.289.341.812
Ouro	2.322.656.975	2.324.615.261	2.893.054.837
Ferronióbio	1.735.529.066	1.568.413.941	1.331.514.767
Cobre	1.805.254.300	1.984.113.856	1.928.278.468
Bauxita	272.408.262	266.502.050	265.340.707
Manganês	229.453.494	149.146.661	201.815.071
Rochas ornamentais	1.276.785.993	1.209.133.230	1.138.347.911
Caulim	209.930.279	197.001.755	180.228.358
Outros	584.273.539	509.937.225	388.681.226
TOTAL	34.255.382.084	22.284.967.602	21.616.603.157

EXPORTAÇÕES MINERAIS (EM TONELADAS)			
Produtos minerais	2014	2015	2016
Minério de ferro	344.384.844	366.194.450	373.962.968
Ouro	72	70	79
Ferronióbio	71.263	68.576	64.658
Cobre	855.527	1.084.812	1.155.476
Bauxita	8.352.905	9.334.893	10.449.818
Manganês	2.049.131	1.897.703	2.010.141
Rochas ornamentais	2.547.185	2.323.605	2.458.881
Caulim	1.930.447	1.875.089	1.717.430
Outros	2.076.215	2.258.071	2.497.881

Fonte: Revista BRASIL MINERAL, 373(2017)

2.3 CENÁRIO DA MINERAÇÃO NA VALE

Seguindo tendência mundial de queda de receita das grandes mineradoras, a Vale divulgou o balanço financeiro de 2016, confirmando baixas receitas em comparação aos anos anteriores.

Tabela 2.2 – Balanço Financeiro da Vale nos últimos anos.

US\$ milhões	2016	2015	2014	2013	2012
Receita operacional líquida	29.363	25.609	37.539	46.767	47.694
Custos e despesas	21.213	22.875	29.042	29.191	32.615
EBIT ajustado	8.150	2.734	8.497	17.576	14.430
Margem EBIT ajustado (%)	3,6	10,7	22,6	37,6	30,3
EBITDA ajustado	12.181	7.081	13.353	22.560	19.178
Margem EBITDA ajustado (%)	41,5	27,7	35,6	48,2	40,2
Lucro líquido (prejuízo)	3.982	(12.129)	657	585	5.197
Lucro líquido básico	4.968	(1.698)	4.419	12.269	10.365
Lucro líquido básico por ação diluído (US\$/ação)	0,96	-0,33	0,86	2,38	2,03
Dívida bruta total	29.355	28.853	28.807	29.655	30.546
Caixa e equivalente	4.280	3.619	4.122	5.324	6.078
Dívida líquida total	25.075	25.234	24.685	24.331	24.468
Dívida bruta/EBITDA ajustado (x)	2,4	4,1	2,2	1,3	1,6
Investimentos	5.482	8.401	11.979	14.233	8.401

Fonte: Vale (2016)

Os custos também diminuiram, mas a margem diminuiu muito em relação a 2012.

Gráfico 2.4 – Dívida estratificada em amortização e tipo de moeda



Fonte: Vale(2016)

A Vale apresenta uma dívida elevada de aproximadamente US\$ 28 bilhões e depende quase que totalmente da moeda americana.

Os investimentos em manutenção tiveram queda acentuada, aproximadamente 84% em relação a 2012. Os baixos investimentos fizeram uma grande diferença na manutenção, que será explicado mais à frente.

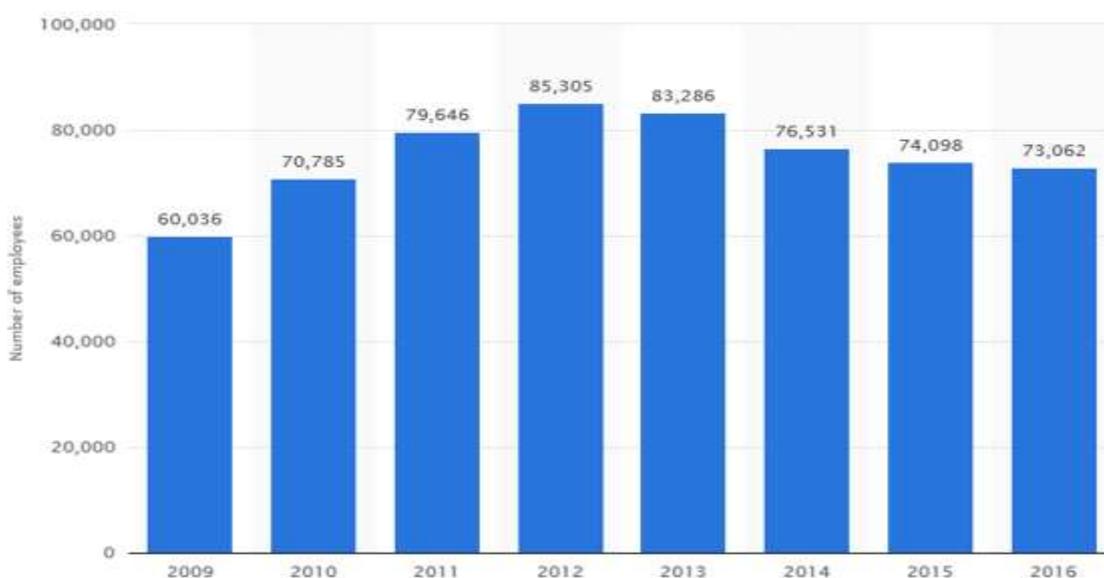
Tabela 2.3 – valor de investimentos por tipo em bilhões de dólares.

Investimentos por tipo (em US\$ bilhões)	2012	2013	2014	2015	2016	2017 ¹
Execução de projetos	11,6	9,6	7,9	5,5	3,2	1,8
Manutenção das operações	4,6	4,6	4,1	2,9	2,3	2,5
Reposição de ROM ¹	-	-	-	-	-	0,2
Total	16,2	14,2	12,0	8,4	5,5	4,5

Fonte: Vale(2016)

Um outro fator que contribui para diminuição dos investimentos, foi a indecisão sobre a renovação do quadro de acionistas da Vale, que impõe uma instabilidade econômica no mercado.

Gráfico 2.5 – Número de empregados da Vale



Fonte: STATISTA(2016)

Mediante estes cenários adversos, a empresa necessitou reduzir custos para manter uma margem aceitável e pagar os dividendos aos acionistas, dívidas e impactos ambientais. Houveram cortes em vários segmentos inclusive, no número de empregados, reduzindo o quadro em torno de 14% em relação a 2012.

Resumindo, o mercado de minério de ferro é muito lucrativo, mas passa por uma fase de grande baixa mundial. A Vale segue o mesmo ritmo, sofrendo com alta da moeda americana, fretes elevados e principalmente, baixo valor do minério de ferro, seu principal produto, que influenciaram o resultado negativo de receitas comparadas com 2012 e 2013.

Neste cenário, a empresa está passando por uma transformação histórica e adequando seus processos e estrutura organizacional à nova realidade do mercado da mineração. O problema é como adequar para suportar tais mudanças.

No próximo capítulo teremos uma visão clara de como está o cenário da mineração no terminal de Tubarão e como os indicadores de confiabilidade estão reagindo ao cenário brasileiro e mundial da mineração.

CAPÍTULO 3 – COMPLEXO DE TUBARÃO

A seguir será apresentado o Complexo Portuário de Tubarão e os problemas do terminal.

3.1 DESCRITIVO

Os Terminais Portuários do Complexo de Tubarão dispõem de vários tipos de equipamentos de grande porte para a movimentação e transporte de cargas de diversos tipos e atualmente operam com minério de ferro, pelotas, calcário, rocha fosfática, manganês, carvão, coque, antracito, soja, farelo de soja, milho, cloreto de potássio, ureia, enxofre, dentre outros.

3.2 TERMINAIS PORTUÁRIOS DO COMPLEXO DE TUBARÃO

O complexo é composto de 2 Terminais separados fisicamente pela Rodovia São Geraldo, o Terminal de Tubarão e o de Praia Mole, que serão detalhados a seguir:

Figura 3.1 - Terminais portuários do Complexo de Tubarão



Fonte: Vale(2016)

A figura 3.1 mostra os píeres dos terminais TPM e TU.

3.3 HISTÓRICO

A construção do Terminal de Minério de Ferro de Tubarão foi iniciada em 1962 pela então Companhia Vale do Rio Doce, através de um projeto pioneiro idealizado por Eliezer Batista. Foi inaugurado em 01 de abril de 1966 e sua construção contribuiu para criar um novo processo logístico de transporte de granéis sólidos e líquidos. Quando inaugurado, o porto contava com um virador de vagões, uma empilhadeira e um carregador de navios, ambos com uma linha de transportadores.

A recuperação de minério dos pátios para o embarque era realizada com um sistema de *Hopper* e escavadeiras de mina. A partir de 1973, o Terminal Portuário de Minério de Ferro de Tubarão recebeu enorme expansão para atender ao aumento da demanda mundial pelo minério. Foi construído um novo cais e novos pátios, ampliando a capacidade de embarque para 30.000 ton/h, revolucionando o mercado, o que levou os armadores a construir navios cada vez maiores.

A DOCENAVE, então subsidiária da VALE no transporte marítimo, encomendou navios de 104.000 toneladas, inexistentes à época. A VALE consolidou-se como a maior exportadora de minério transoceânico do mundo. Essa solução se repetiu no presente, sendo necessário construir novos navios com capacidade ainda maior de forma a baratear os custos de frete para os clientes asiáticos, em especial para a China.

Atualmente, o maior navio que frequenta o porto tem capacidade de 400.000 dwt, sendo estes de uma classe de navios denominadas Valemax.

3.4 PRODUTOS MOVIMENTADOS

O Complexo de Tubarão movimenta graneis sólidos e seu foco é minérios, escórias e cinzas, como disposto na abaixo:

Quadro 3.1 - Produtos movimentados pelo terminal nos últimos 7 anos

Produtos SH02 em Milhões de toneladas movimentadas	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Minérios, escórias e cinzas	100,5	102,9	102,8	102,3	101,5	104,9	101,1	67,0
Sementes e frutos oleaginosos; grãos, sementes e frutos diversos; plantas industriais ou medicinais; palhas e forragens	2,4	2,4	2,4	2,8	3,1	3,8	2,8	2,8
Aubos (fertilizantes)	0,8	0,6	0,8	0,9	1,1	1,1	1,1	0,6
Resíduos e desperdícios das indústrias alimentares; alimentos preparados para animais	1,6	1,5	0,8	0,7	0,7	0,8	0,6	0,4
Produtos químicos inorgânicos; compostos inorgânicos ou orgânicos de metais preciosos, de elementos radioativos, de metais das terras raras ou de isótopos	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Cereais	1,3	0,7	2,1	2,9	2,5	2,3	1,8	0,1
Combustíveis minerais, óleos minerais e produtos da sua destilação; matérias betuminosas; ceras minerais	0,1	0,9	0,7	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Ferro fundido, ferro e aço	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total Geral	106,7	109,2	109,5	109,7	109,0	113,0	107,5	71,0

Fonte ANTAQ - atualizados até 15/09/2017

3.5 PARTICIPAÇÃO NO CENÁRIO NACIONAL

O Terminal de Tubarão tem grande participação no cenário nacional quando se trata de movimentação de carga SH2 (Minérios, escórias e cinzas), com 24,3% do total movimentado no país em 2016. Esta participação está caindo devido ao início do projeto S11D que escoar a produção pelo Terminal da Ponta da Madeira em São Luiz do Maranhão, terminal controlado pela VALE.

Dois portos que estão se destacando são o Porto do aço e Trombetas que ao passar dos anos estão crescendo seu *marketshare*. A lista completa está no apêndice A.

Quadro 3.2 - Comparação dos TOP 15 percentuais de movimentação dos terminais marítimos nos últimos 6 anos de coque e hulha

Produto SH04 - Minérios - Marketshare Nacional	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Terminal Marítimo de Ponta da Madeira	27,8%	27,6%	28,4%	29,0%	29,2%	30,7%	35,7%	37,3%
Terminal de Tubarão	29,1%	27,8%	27,8%	27,7%	26,3%	25,9%	24,3%	23,5%
Terminal da Ilha Guaíba - TIG	10,9%	10,1%	10,8%	10,8%	10,5%	11,5%	11,1%	10,4%
TECAR	7,2%	8,3%	7,2%	7,8%	8,5%	7,0%	7,7%	5,9%
TEMIN	6,4%	5,7%	6,2%	5,9%	6,2%	5,4%	5,1%	4,6%
Terminal Trombetas	4,8%	4,8%	4,4%	4,7%	4,5%	4,5%	4,3%	4,2%
Porto do Aço - Terminal de Minério	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	2,2%	3,8%	4,1%
Porto Sudeste do Brasil	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,5%	2,6%
Terminal Portuário Privativo da Alumar	1,8%	2,4%	2,4%	2,3%	2,3%	2,4%	2,2%	2,3%
Terminal Fluvial de Juruti	0,7%	1,1%	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,4%	1,4%
Terminal Portuário do Pecém	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,2%	0,1%	0,6%	1,0%
Terminal de Múltiplo Uso -1	2,0%	1,9%	1,5%	1,4%	1,3%	1,2%	0,9%	0,8%
Porto Gregório Curvo	0,5%	0,7%	0,5%	0,9%	0,9%	0,7%	0,5%	0,7%
Terminal de Praia Mole	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%
Granel Química Ladário	0,3%	0,6%	0,5%	0,7%	0,9%	0,4%	0,3%	0,3%
Total Geral	100,0%							

Fonte: ANTAQ - atualizado até 15/09/2017

3.6 PARQUE DE ATIVOS DO TERMINAL

Com as obras de capacitação das rotas de embarque e com as modernizações tecnológicas implantadas em suas máquinas, o Terminal de Minério de Ferro de Tubarão tem a capacidade teórica para exportar mais de 120 milhões de toneladas/ano de minério de ferro e pelota. Suas características principais são:

- Canal de acesso marítimo com 4422m de comprimento, 25,3 metros de profundidade e 285 metros de largura, que operam navios com até 405.000 t, de comprimento máximo de 365metros e boca máxima de 66m;

- Píeres para carregamento de minério/pelota sendo:
 - Píer 1 Norte: Possui cais acostável de 353,7 metros de comprimento, profundidade de projeto de 16,2 metros no limite operacional 2 / 18,00 no limite operacional 1. O Carregador de Navios CN01A tem capacidade nominal de 13.350t/h porem existe uma restrição nos transportadores da rota que limitam a taxa em 12.800t/h. Atende principalmente navios com capacidade até 180.000 toneladas;
 - Píer 1 Sul: Possui cais acostável de 340,3 metros de comprimento, profundidade de projeto de 14 metros no limite operacional 2 / 17,00 no limite operacional 1. O Carregador de Navios CN02A tem capacidade nominal de 13.350t/h porem existe uma restrição nos transportadores da rota que limitam a taxa em 12.700t/h. Atende principalmente navios com capacidade até 70.000 toneladas;
 - Píer 2: Possui cais acostável de 210 metros de comprimento, profundidade de projeto de 25,3 metros e capacidade de carregar até 16.000t/h (cada CN). Apto a receber navios da classe Valemax de até 400.000t
 - Existe uma restrição de atracação no píer 1S que estabelece que as manobras só poderão ocorrer caso, na interface entre píer 1S e Píer3 e/ou píer 4, a somatória das bocas não excedam 76 metros
- 04 Carregadores de Navios (CN`s), sendo que os dois carregadores do píer 1 possuem capacidade nominal de 13.350 t/h e os dois carregadores do píer 2 possuem capacidade de 16.000 t/h;
- 05 Viradores de Vagões (VV`s), todos com capacidade de 7.000 t/h;
- 08 Recuperadoras (RC`s), sendo a RC1, RC2A (RC02 foi desmobilizada) e RC2P3 (desmontada) com capacidade de 6.000t/h e a RC3, RC4, RC5, RC3PP7, RC6PP8 com capacidade de 8.000t/h, RCP9 com capacidade de 4.000t/h.
- 03 Empilhadeiras-recuperadoras (ER`s), todas com capacidade de 8.000t/h (empilhamento e recuperação)
- 08 Empilhadeiras (EP`s) sendo EP01, EP02, EP04 e EP09, com capacidade de 6.000 t/h, EP05PA4, EP10 e EP1PA2A (EP1PA2 foi desmobilizada) com capacidade de 8.000t/h e a EP03 com capacidade de 16.000t/h.
 - 02 Empilhadeiras Escravas (EE`s) com capacidade de 16.000 t/h
 - 60 quilômetros de correias transportadoras;
 - 02 áreas para estocagem de minério/pelotas:

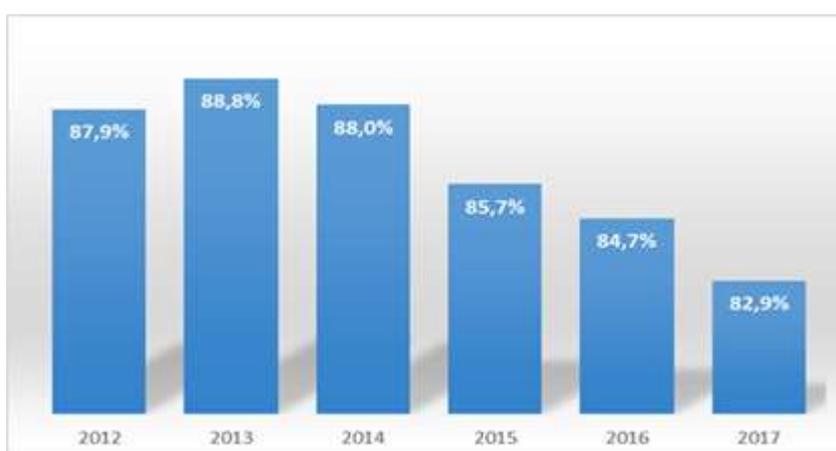
- Área Velha, composta dos pátios A, B, C e D, totalizando 777.900 t de capacidade estática;
- Área Nova, composta pelos pátios E, F, G, H, I, J e P, totalizando 2.634.100 t de capacidade estática.
- Além destas duas áreas, existem os pátios de finos das Usinas Vale, Itabrasco/Hispanobras, Nibrasco/Kobrasco o Pátio L que abastece as Usinas I a IV e o pátio K que é utilizado para estocagem de pelotas da Usina V a VI, com capacidade total de 386.000 t.
- 01 Recuperadora (RC09) com capacidade de 4.800t/h; máquina da usina de pelotização VIII operada pelo porto.

3.7 PROBLEMAS DO TERMINAL DE TUBARÃO

Os principais problemas atuais do Terminal de Tubarão são:

- Perda de *Market Share* nacional: Com visto na seção anterior, o Terminal de Tubarão perdeu espaço no cenário nacional para o terminal de Ponta da Madeira, em São Luiz do Maranhão, perdendo a hegemonia de movimentação de minério de ferro. Com isso, o terminal de Tubarão necessita, mais do nunca, ser eficiente.
- Disponibilidade baixa: A disponibilidade do terminal de Tubarão está em queda com tendência de fechar o ano 2017 com a pior disponibilidade dos últimos 5 anos.

Gráfico 3.1 – Disponibilidade do Terminal de Tubarão (descarga + embarque MF)



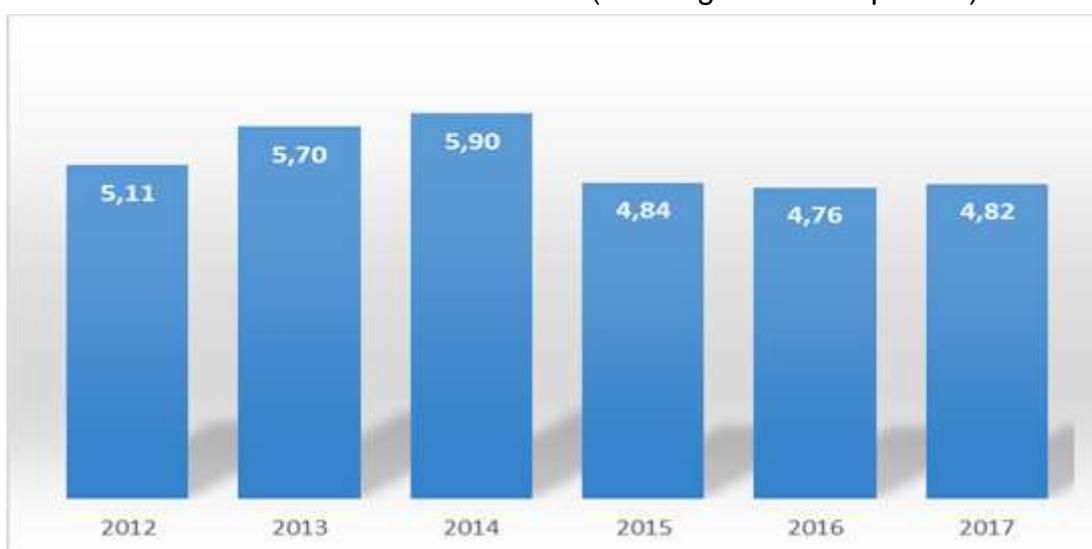
Fonte: Autor(2017)

Queda de aproximadamente 7% em relação a 2013.

Essa porcentagem representa cerca de 26 milhões de toneladas não embarcadas ou uma não arrecadação de aproximadamente 1,3 bilhões de reais.

- **MTBF (*Mean time between failure*)** baixo: O MBTF caiu 18% em relação a 2014 e com tendência de piorar para os próximos anos. O apêndice B explicita mais o MTBF e temos uma visão mais clara de onde estão os problemas. De acordo com o apêndice B, o MTBF dos ativos críticos do porto pioraram 31% em relação a 2012. Os principais ativos do porto como, viradores de vagão, carregadores de navio e transportadores, pioraram muito, o que mostra a necessidade de mudança de estratégia de manutenção para alavancagem da disponibilidade.

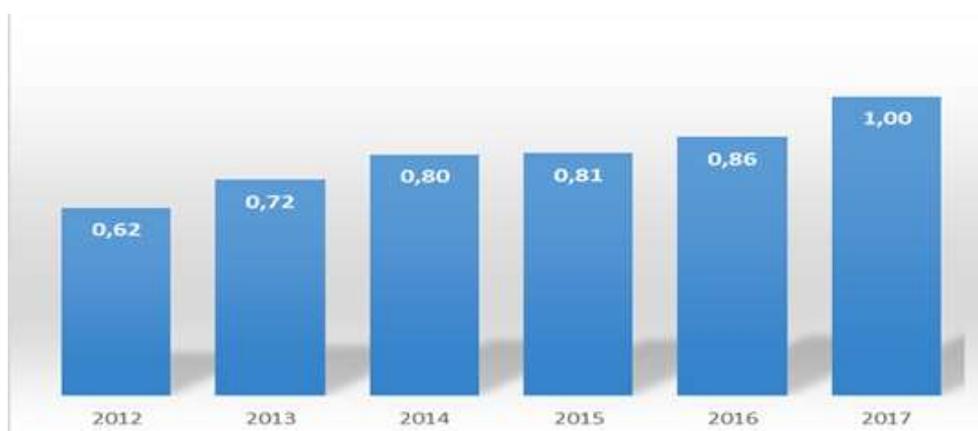
Gráfico 3.2 – MTBF do Terminal de Tubarão (descarga + embarque MF)



Fonte: Autor(2017)

- **MTTR (*Mean time between repair*)** elevado: O MTTR nos últimos anos vem aumentando e está com uma tendência de aumento.

Gráfico 3.3 – MTTR do Terminal de Tubarão (descarga + embarque MF)



Fonte: Autor(2017)

Este ano o tempo de reparo médio já aumentou 62% em relação a 2012.

- Tipo de manutenção: O tipo de manutenção em 2017 do terminal de tubarão foi na sua grande maioria de corretiva com base em condição e não em planos sistemáticos base tempo consolidados por alguma técnica, preferencialmente RCM. Esta condição é baseada em inspeção e não em monitoramento preditivo ou proativo.

Quadro 3.3 Relação manutenção emergencial x sistemática base tempo e Tipo de manutenção no terminal de Tubarão

Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Relação manutenção corretiva por condição x sistematica base tempo	61,0%	62,9%	64,6%	79,8%	71,3%	74,0%	77,7%	80,8%	96,3%

Numero de ordens executadas por tipo de ordem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Peso
Corretiva Condicional - Corretiva programada	807	700	844	668	848	1039	1136	1210	460	9%
Corretiva Condicional - Implantacao de melhorias	63	26	35	25	47	21	28	20	7	0%
Preventiva sistemática - base tempo	9108	7230	9279	7757	9019	9105	8422	9133	4107	85%
Corretiva Condicional - Reparo e reforma	64	47	64	85	85	90	67	60	25	1%
Corretiva Condicional - Serviço de apoio	539	403	451	462	518	509	551	632	313	5%

Fonte: Autor(2017)

Em resumo, o Terminal de Tubarão sofre com redução de recursos dedicados para manutenção portuária, estratégia da companhia para controlar custos mediante um cenário mundialmente adverso.

A estratégia atual do Terminal de Tubarão vem suportando a produção, mas não será sustentável para os próximos anos, dado a tendência de piora dos indicadores de confiabilidade MTBF e MTTR.

O grande desafio da engenharia será desenvolver estratégias que suportarão uma produção estável. A eficiência da manutenção ficará muito em evidencia e a confiabilidade deverá agir forte, provendo técnicas, métodos, e direcionamentos estratégicos diferenciados

O próximo capítulo mostra o planejamento que foi realizado para suportar a produção necessária para os próximos anos.

CAPÍTULO 4 – PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO

Mediante cenário de mudanças na empresa começou-se o processo de reestruturação da equipe de confiabilidade fundindo-se duas supervisões: engenharia de aplicação e engenharia de confiabilidade

4.1 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

A supervisão de confiabilidade atual está na diretoria de operações portuárias seguindo uma estrutura linear ou funcional de operação defendida na teoria proposta por Cláudio Tosta (2011) apud Henri Fayol (1915).

Para a nova estratégia ser implementada com sucesso foi decidido usar uma estrutura mista de departamentalização por produto mesclada com departamentalização geográfica. Ainda segundo Cláudio Tosta (2011):

4.1.1 Vantagens da departamentalização por produtos

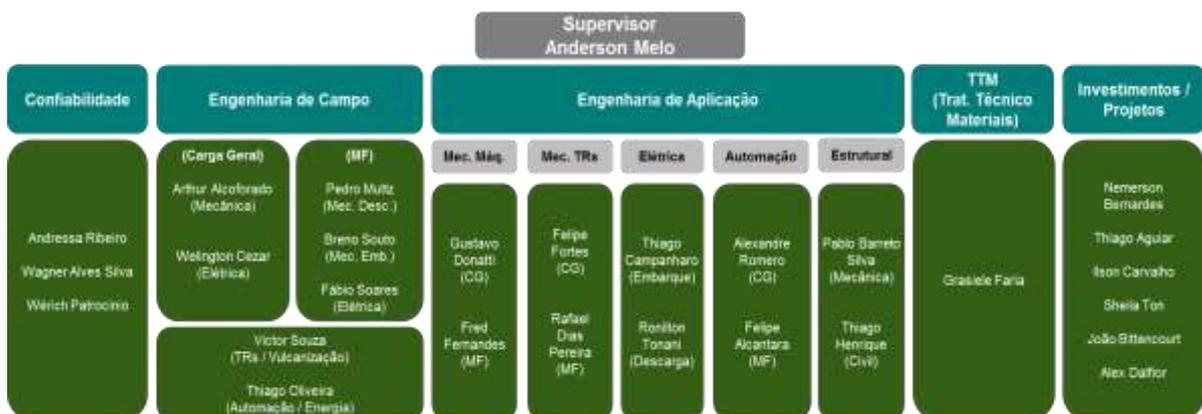
- Maior especialização (cada engenheiro de campo atuando no seu processo);
- Melhor adaptação a ambientes instáveis e mutáveis;
- Melhor facilidade para desenvolver novos produtos ou serviços (inovação em cada processo);
- Facilita o uso da tecnologia especializada;
- Facilita a contabilidade dos recursos financeiros;
- Facilita a flexibilidade entre departamentos (mudanças internas podem ocorrer sem perda de excelência).
- Desvantagens da departamentalização por produtos ou serviços
- Se a empresa lida com pouco mix de produtos ou serviços, aumenta o custo operacional dos departamentos;
- Não indicada a ambientes estáveis e pouco mutáveis;

- Especialização demais pode levar a diminuir as estratégias organizacionais como um todo (pode gerar conflitos de interesse que deverá ser gerenciado pelo líder)

4.1.2 Estrutura

Apesar de utilizar alguns conceitos de uma estrutura mecânica, a nova estrutura necessita de conceitos de uma estrutura muito mais orgânica e produtiva.

Figura 4.2 – Estrutura organizacional da engenharia de confiabilidade



Fonte: Autor(2017).

Com isso foi definido que a nova estrutura, será departamentalizada por produto e departamentalizada novamente por área:

A seguir será comentado sobre cada um deste pontos:

- Apesar da alta padronização e formalização, estas dimensões serão tratadas com um foco muito grande em produtividade, redução de desperdícios e melhora da mantabilidade.
- Como a supervisão é grande necessita de uma alta concentração da centralização de informação para agilizar a tomada decisão e ajustar o foco (exemplo é a célula de projetos).
- Cada engenheiro de campo tem uma liberdade de ação bem grande.
- Existe somente 1 nível de decisão, que é o supervisor.
- Os departamentos contem pessoas altamente capacitadas para resolução dos problemas.

- A comunicação deve ser intensa entre os departamentos para a estrutura ter sucesso, a comunicação é o fator crítico de sucesso desta estrutura.

Com a nova estrutura revisada, o próximo passo foi revisar as entregas, stakeholders e a estratégia a ser utilizada nos próximos anos.

4.2 PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO

Para a revisão da estratégia de atuação da área de confiabilidade do Porto, foi realizado um planejamento estratégico utilizando ferramentas para sustentar o trabalho como BSC, SWOT e alguns processos definidos no PMBOOK 5ª edição.

A metodologia usada, será o adaptado de Gomes de Matos consultores associados (2015), retirando definição do negócio, definição de valores e posicionamento estratégico que são processos que não são foco do estudo.

Figura 4.1 – Metodologia e etapas de implementação de um planejamento estratégico



Fonte: Gomes de Matos consultores associados (2015)

O planejamento estratégico, chamado de planejamento de metas dentro da empresa, nunca ocorreu para uma área de engenharia. A engenharia de confiabilidade era responsável por conduzir o planejamento de metas para as áreas produtivas, mas nunca ocorreu um planejamento interno.

O resultado de não ter um planejamento de engenharia é que problemas crônicos, estruturantes não eram colocados para discussão e não eram implementados.

Um exemplo disso é a inexistência de *Failure mode and effects analysis*, FMEA e *Reliability Centered Maintenance*, RCM dentro da manutenção dos ativos portuários, mostrando o atraso em relação à manutenção mundial.

4.2.1 Produtos atuais

A seguir será mostrado os produtos atuais da equipe de confiabilidade que serão revistos no planejamento.

Quadro 4.1 – Quadro de clientes e produtos atuais da supervisão.

Clientes e Produtos Atuais			
Clientes Atuais	Qtde	Produtos atuais	Qtde
Supervisão de inspeção	7	Perfil de perdas, TAFs, VPS-M, planejamento estratégico, acompanhamento/atendimento de P0.	5
Gerentes de inspeção	2	Relatórios gerenciais (GERROT, MCS, BOLETIM)	3
CCM	1	Verificação dos apontamentos	1
Supervisão de operação	4	Reuniões de performance, perfil de perdas da retroarea, restrição operacional, reunião de sinergia	4
Total	14		13

Fonte: Autor(2017) adaptado de PMBOK 4ªed. Processo gerenciamento das comunicações

A lista de clientes somam 14 pessoas com um total de 13 produtos.

4.2.2 Produtos futuros

A seguir será apresentado os produtos futuros que a equipe de confiabilidade tem necessidade de atuar.

Quadro 4.2 – Lista de produtos e clientes futuros da confiabilidade

Cientes Futuros	Qtde	Produtos futuros	Qtde
Supervisão de inspeção	10	Perfil de perdas automatizado, TAFs, consultoria VPS-M com foco em gestão de ativos, RCM, FMEA, Análise de dados de vida, Análise de degradação, Análise sob stress, Confiabilidade de sistemas, Análise de estoque, custeio, investimento, revisão da estratégia de manutenção.	13
Supervisão de execução	11	Estudos que envolvem melhora da manutenibilidade	1
Supervisão de corretiva	8	Gestão do apontamento, manutenibilidade para corretiva	2
Supervisão operacional	11	Análise de dados de vida de operadores, DOE operacional	2
Supervisão de PCM	2	Análise de ativos e modos de falhas que podem falhar, usando RGA ou RBDs	1
Supervisão de engenharia	1	Relatórios internos para tratamento de desvios (rotina)	1
Supervisão de Condição insegura	1	Estudos que envolvem previsibilidade de acidentes e quase acidentes	1
Supervisão de Materiais	1	Estudos que envolvem redimensionamento de estoque	1
Supervisão de preditiva	1	Estudos relacionados a degradação e de confiabilidade de qualquer item ou modo de falha	2
Gerente de inspeção	1	Relatórios gerenciais automatizados, controle de iniciativas de redução de custo, controle de TAFs, planos otimizados.	4
Total	47		28

Fonte: Autor(2017) adaptado de PMBOK 4ªed. Processo gerenciamento das comunicações

Ao final do planejamento adicionamos 33 clientes à nossa carteira e criamos mais 15 produtos, além dos 13 que já tínhamos.

4.2.3 Missão e visão

A seguir será proposto a missão e a visão da equipe para os próximos anos.

Quadro 4.3 – Missão e Visão da engenharia de confiabilidade portuária

Missão e Visão	
Entregar estudos e análises de confiabilidade com agilidade, foco em redução de custo e aumento da produtividade.	Ser referência em acuracidade e excelência nas entregas de confiabilidade no Porto em 02 anos e ser direcionadora de ações estratégicas.

Fonte: Autor(2017)

Com missão e visão determinadas, utilizamos a ferramenta BSC, com 4 pilares, adaptado de Robert Kaplan e David Norton (1997) para determinarmos nossa estratégia, são eles Financeiro, Clientes, Processos internos e Pessoas e Tecnologia.

4.2.4 Mapa estratégico

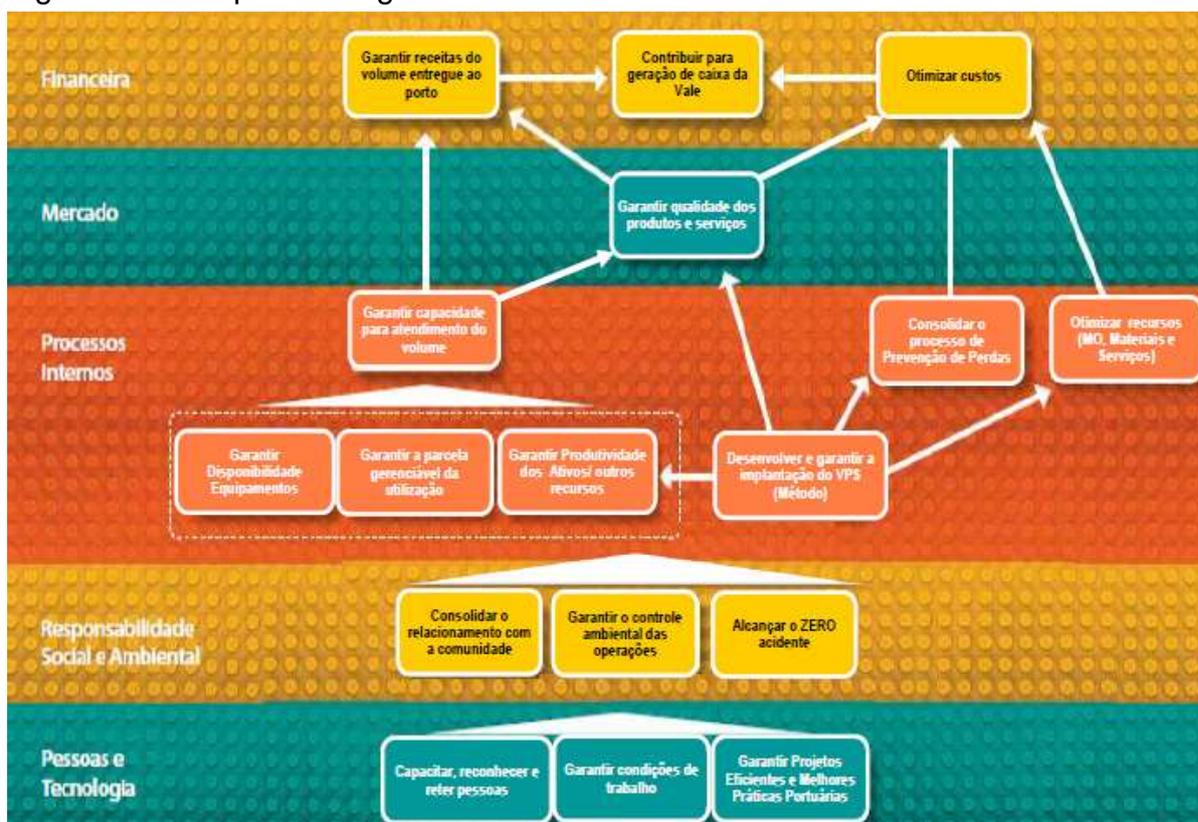
A estratégia da diretoria é revista a cada 2 anos e o mapa estratégico da figura 4.2 é então divulgado para ser desdobrado para cada área. Seguindo a tendência mundial na quarta geração da manutenção, o foco principal continua sendo a busca da melhora da disponibilidade.

A alta diretoria da empresa, visitou em 2016, seus concorrentes, em um processo de benchmarking. De acordo com Alan Kardec e Nascif (2009) este é um processo de identificação, conhecimento e adaptação de práticas e processos excelentes de organizações, de qualquer lugar do mundo, para ajudar uma organização a melhorar sua performance.

Nesta visita, verificaram que uma alta disponibilidade gera desperdícios. Uma das premissas que foram levadas em consideração para o desdobramento da estratégia, foi a eliminação de desperdícios.

A superprodução gera desperdícios segundo Liker(2005), como movimentação desnecessária, estoques elevados, esperas. A ideia é produzir somente o que é necessário, gerando assim, menos stress nos ativos e sobrecargas desnecessárias.

Figura 4.2 – Mapa estratégico da Diretoria



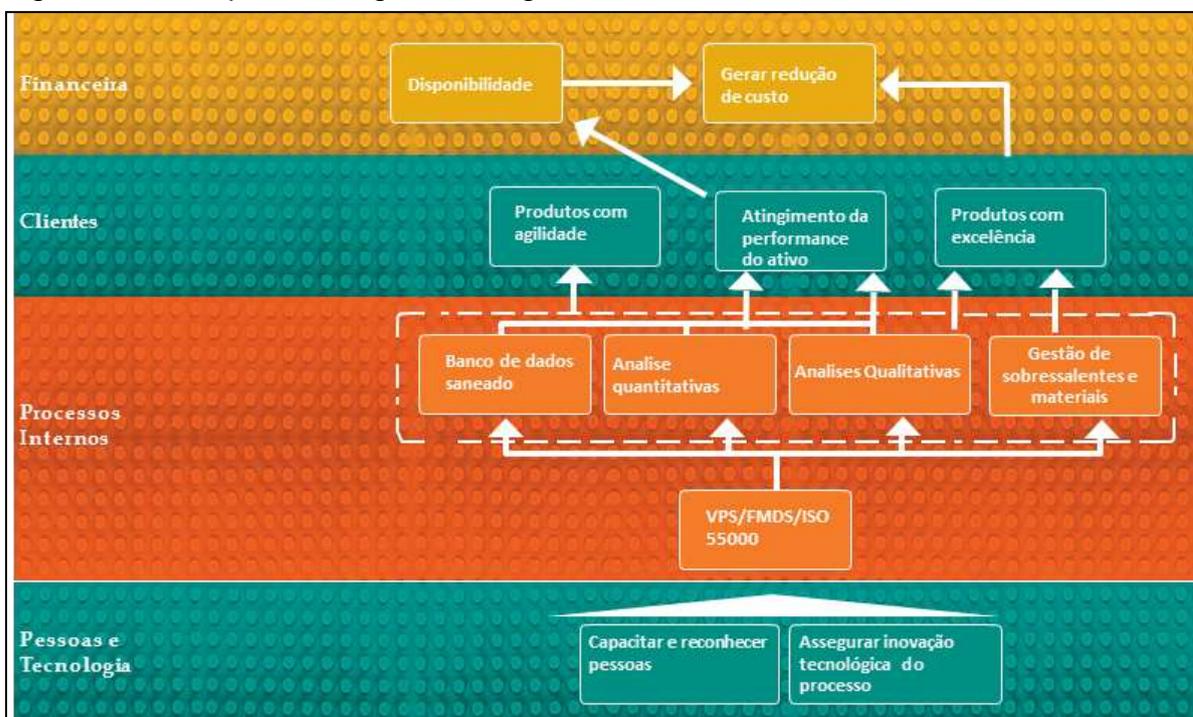
Fonte: Vale(2016)

Neste sentido, a missão da engenharia de confiabilidade, é traduzir a estratégia da diretoria como foco em atingir somente a disponibilidade necessária, nem mais, nem menos, ao menor custo possível, como foco em eliminar riscos para saúde, segurança e meio ambiente.

Assim, manutenção e produção caminharão no mesmo direcionamento estratégico.

Neste cenário, surge o mapa estratégico que a supervisão de confiabilidade aplicará para os próximos anos, conforme figura 4.3:

Figura 4.3 – mapa estratégico da engenharia de confiabilidade



Fonte: Autor(2017) adaptado de de David Norton e Robert Kaplan (1997).

O mapa foi dividido em perspectivas, adaptada de David Norton e Robert Kaplan (1997), são elas: financeira, clientes, processos internos e pessoas e tecnologia.

- Financeira: Como mostrado na seção anterior, o foco é disponibilidade ao menor custo.
- Clientes: Ao entrevistar vários clientes, os mesmos necessitam de respostas rápidas, que os produtos sejam de excelência, com foco em atingir a performance requerida dos ativos.
- Processos internos: Para o processo de confiabilidade existir, se faz necessário um processo de saneamento da base de dados e constante verificação dos apontamentos. O foco da supervisão passa a ser em análises quantitativas e qualitativas, suportados por um processo de gestão de sobressalentes bem organizado.
- Pessoas e tecnologia: Para implantação dessa estratégia, temos que capacitar pessoas e inserir tecnologia nos processos de inspeção, preditiva e áreas afins.

4.2.5 Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats - SWOT

Após a criação do mapa estratégico, foi iniciado a discussão para elaboração do SWOT da equipe de confiabilidade, levantando forças, fraquezas, oportunidades e ameaças. Foram levantados por brainstorming, 64 fatores críticos, que serão priorizados para tratamento. A metodologia usada será adaptada de proposta por LUZ (2016). Os fatores críticos estão no apêndice C.

O primeiro nível foi a priorização dos fatores críticos têm o objetivo de priorizar as discussões em sala, onde foram utilizadas matrizes GUT, CPD e RABE, onde a pontuação para cada fator está disposto abaixo. Os critérios das matrizes estão no apêndice C.

Quadro 4.4 – Lista da pontuação de cada fator crítico após discussão.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Forças	10	20	80	27	100																		
Fraquezas	10	16	20	36	10	24	36	15	75	125	45	48	125	80	4	4	25	125	12	25			
Oportunidades	12	225	45	625	125	625	225	125	375	45	225	75	25	625	45	125	135	225	135	45	125	75	625
Ameaças	10	125	12	24	25	20	20	20	125	125	36	45	125	125	9								

Fonte: Autor(2017)

Quadro 4.5 – Número de fatores críticos levantados e índice de favorabilidade calculado.

Resultado SWOT - Numero de Fatores críticos		64	
Forças	8%	5	
Fraquezas	31%	20	
Oportunidades	36%	23	
Ameaças	25%	16	

1. Índice Avila de Favorabilidade		27,0%	
		Real	Possivel
Análise SWOT - pontuação	Forças	287	625
	Fraquezas	975	2500
	Oportunidades	4650	14375
	Ameaças	846	2000

Fonte: Autor(2017)

O Índice de favorabilidade mede o esforço para implantar a estratégia proposta. O segundo nível de priorização tem o objetivo de priorizar a execução das iniciativas.

Quadro 4.6 – Explicação das correlações e formula de calculo.

T13 Alavancagens	T14 Vulnerabilidades	T15 Limitações	T16 Problemas
Correlação entre Oportunidades e Forças (quanto maior a pontuação, mais favorável = resultado da soma da linha do T1 ou do T7, pois ambos apresentam o mesmo resultado)	Correlação entre Ameaças e Forças (quanto maior a pontuação, mais favorável = resultado da soma da linha do T4 ou do T8, pois ambos apresentam o mesmo resultado)	Correlação entre Oportunidades e Fraquezas (quanto maior a pontuação, menos favorável = resultado da soma da linha do T2 ou do T9, pois ambos apresentam o mesmo resultado)	Correlação entre Ameaças e Fraquezas (quanto maior a pontuação, menos favorável = resultado da soma da linha do T5 ou do T10, pois ambos apresentam o mesmo resultado)

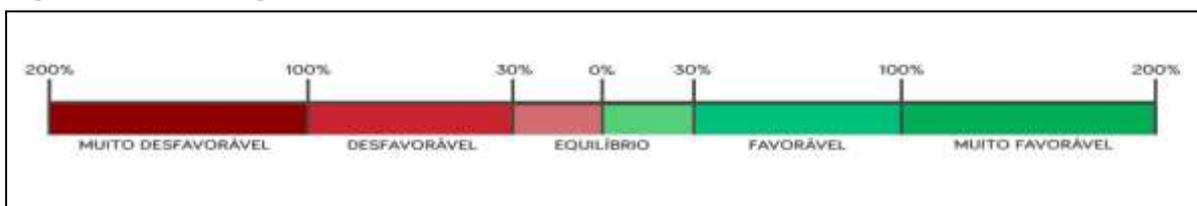
Fonte: Autor(2017)

O resultado da segunda priorização são as iniciativas dos índices calculados T13, T14, T15 e T16. As tabelas, cálculos e demonstrações estão no apêndice C.

Esta segunda priorização surge do confronto de forças, fraquezas, oportunidades e ameaças entre si. O confronto é um processo lento e dura em média 4 horas para cada pessoa realizar.

O índice de favorabilidade calculado foi de 27%, classificando como uma estratégia equilibrada, sem predominância de alguma dimensão.

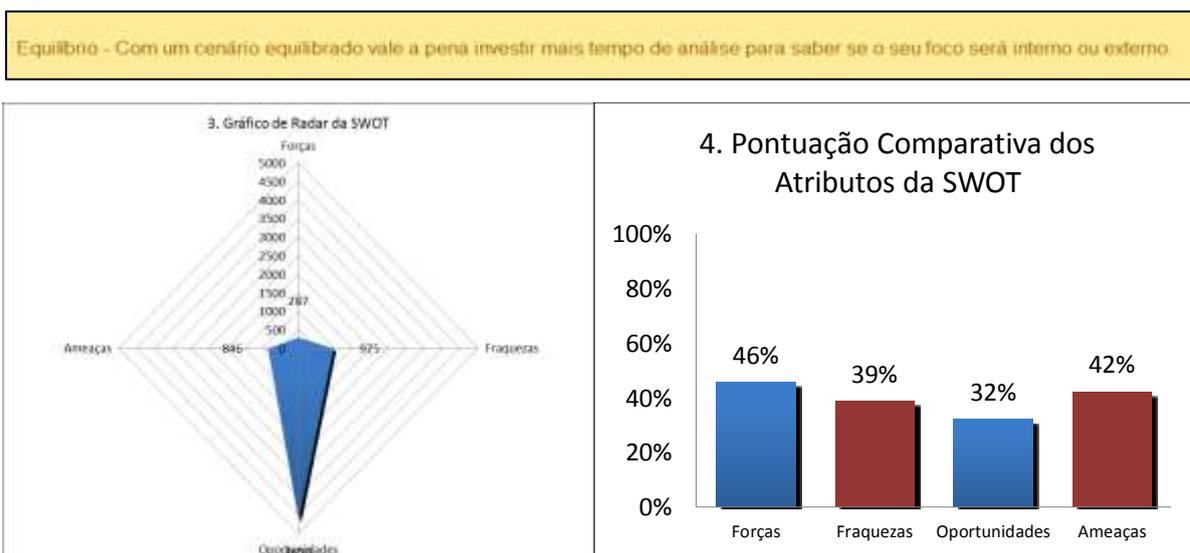
Figura 4.4 – Categoria do índice de favorabilidade



Fonte: Autor(2017)

A situação é favorável à mudança de estratégia e analisando mais profundamente os fatores críticos, vemos que iremos focar no ambiente externo, alavancando as oportunidades e nas potenciais restrições provocadas pelas nossas fraquezas.

Figura 4.5 – Estatística da análise se SWOT



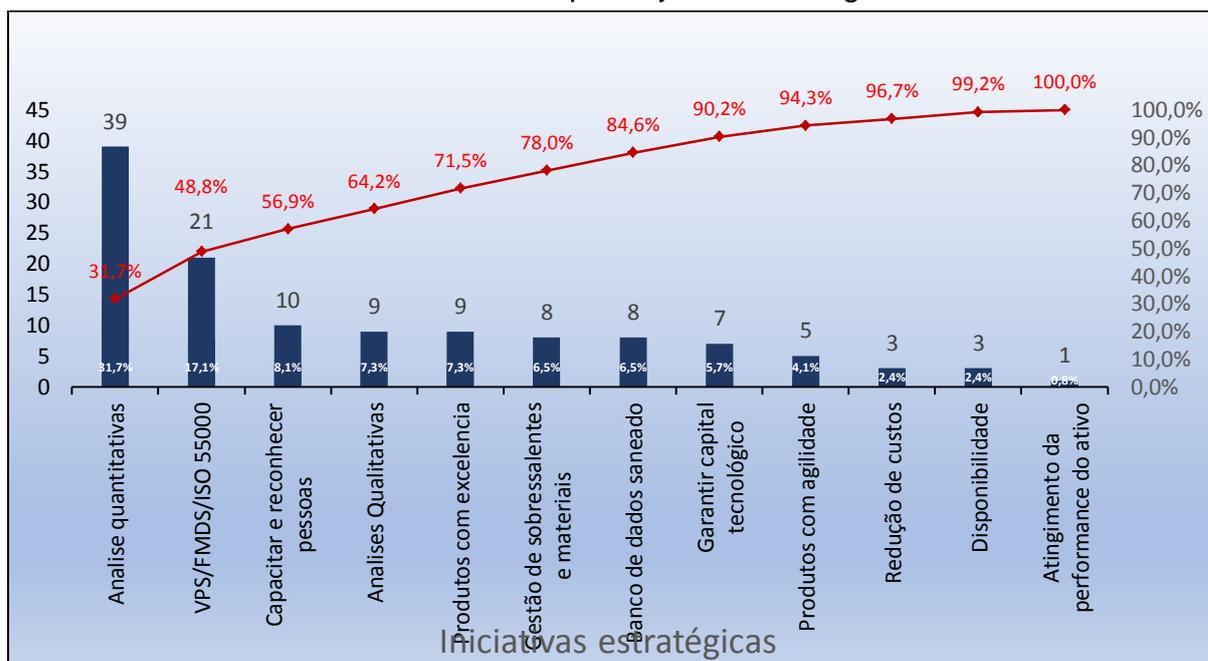
Fonte: Autor(2017).

Existem muitas oportunidades a serem captadas e serão mostradas mais adiante.

4.2.6 Iniciativas estratégicas

Após a reunião de SWOT e passando pelas priorizações conforme apêndice C, foram criadas 129 iniciativas de curto, médio e longo prazos. O gráfico abaixo classifica as iniciativas em cada objetivo estratégico.

Gráfico 4.1 – Quantidade de iniciativas por objetivo estratégico



Fonte: Autor(2017).

Após a leitura do gráfico, vimos que o enfoque da supervisão, está voltada para trabalhos quantitativos, padronização e capacitação, pilares da gestão de ativos.

As iniciativas foram divididas conforme o prazo de início dos trabalhos e estão contidas no apêndice C:

- Imediatas
- 1 mês após aprovação do planejamento estratégico;
- 2 a 6 meses após aprovação do planejamento estratégico;
- Acima de 6 meses após aprovação do planejamento estratégico.

As principais iniciativas foram divididas para cada metodologia e softwares para fins de priorização: RCM para análises qualitativas, weibull para análise de dados de via e Blocksim para análise de confiabilidade de sistemas reparáveis.

Figura 4.6 – Lista de iniciativas divididas por cada software e área de estudo de confiabilidade

<p>RCM</p> <ul style="list-style-type: none"> Hierarquizar os ativos do porto a partir da nova divisão feita pela engenharia no RCM++ Revisar a matriz de criticidade dos ativos do Porto e revisar a estratégia de manutenção Criar matriz de criticidade dos componentes Criação da norma de RCM do Porto Classificar os sistemas do ativos/componentes conforme criticidade para aplicar técnica de RCM Definir onde aplicar o RCM Aplicar RCM em desviadores de carga geral Aplicar RCM em compressores de carga geral Criação da norma de FMEA do Porto <p>Blocksim</p> <ul style="list-style-type: none"> Estudo piloto de confiabilidade da rota singela da EP10 Modelagem do sistema da descarga Minério de Ferro Modelagem do sistema da embarque Minério de Ferro Modelagem do sistema da desembarque TPM Modelagem do sistema da embarque TPM (expedição) Modelagem do sistema da descarga Grãos TPD Modelagem do sistema da desembarque/Embarque fertilizante TPD Modelagem do sistema da embarque Grãos TPD 	<p>Weibull</p> <ul style="list-style-type: none"> Estudo de confiabilidade de compressores TPD Estudo de confiabilidade dos GMs Estudo de confiabilidade de acionamentos de translação Estudo de confiabilidade de cabo de aço dos viradores Estudo de confiabilidade de chapas de desgaste Estudo de confiabilidade de motoredutores Estudo de confiabilidade de motorvibradores Estudo de confiabilidade de rolamentos DNO4 e DNO5 Estudo de confiabilidade de sensores de grampo do virador Estudo de confiabilidade rolos de carga Estudo de confiabilidade dos sensores de posicionador do carro posicionador Estudo de confiabilidade de acionamento da RCD6 { cabo e dirotto - elevação } Estudo de confiabilidade de inversores de frequência Estudo de degradação de aba de rodeiro Estudo de degradação de cabo de aço de caçamba DNs Estudo de degradação de cabo de aço de contra-peso Estudo de degradação de cabo de aço de elevação de máquinas Estudo de degradação de correia transportadora Estudo de degradação de lâminas de recuperadora Estudo de degradação de óleo em acoplamentos fixos Estudo de degradação de lâminas das caçambas da recuperadora RCD5 Avaliar planilha de componentes de custeio e avaliar onde pode ser aplicado outros estudos de degradação
<p>Ações Gerais</p> <ul style="list-style-type: none"> Solicitar treinamento G400 da realiasoft in company (\$40000) Operacionalizar as licenças atuais do weibull (15 licenças com problema de acesso) Viabilizar compra de licenças para blocksim e RCM++ Avaliar alteração de estrutura inserindo na confiabilidade pessoas capacitadas no processo de sobressalentes e materiais Criar perfil de custos por processo e ativo Criar relatórios diários, semanais, semanais acumulados, e mensais automatizados no VIP Revisar a matriz de criticidade dos ativos do Porto e revisar a estratégia de manutenção Implementar telas de perfis de perdas no GVP dashboard para porto tubarão Criar relatórios diários, semanais, semanais acumulados, e mensais automatizados no SAP Implantar gestão de notas de manutenção Estudo piloto de confiabilidade de sistemas da rota singela da EP10 Criar checklist padrão de avaliação de todas as máquinas do porto (replicação de praia mole) Hierarquizar os ativos do porto a partir da nova divisão feita pela engenharia no RCM++ Criar matriz de criticidade dos componentes Realizar conferencia de confiabilidade entre os portos para levantamento de cases que possam ser replicados Replicar trabalhos aplicados após conferencia entre portos Agendar fórum de confiabilidade em agosto/ 17 Criar sala(s) ou área(s) de criação do conhecimento na engenharia e nas áreas remotas para gestão do conhecimento. Realizar levantamento das principais TAFs no ano de 2015/16 que necessitariam de análise de laboratório e elaborar orçamento para 2018 	

Fonte: Autor(2017).

Com as iniciativas mapeadas, basta criar as etapas de implantação de um programa de confiabilidade e associar as iniciativas para cada etapa.

4.2.7 Perfil de Custos

Os estudos de confiabilidade mapeados anteriormente da figura 4.6, foram baseados por um estudo de custos prévio, onde pesquisamos quais eram os ativos, componentes e materiais que mais se gastavam no terminal.

Tabela 4.2 – Lista de tipo de ativos que mais se consome recursos financeiros

tipo de ativo (CG + MINERIO)	Total Geral	Peso
Transportador	23554367	57,4%
virador de vagoes	4617792	11,2%
recuperadora	3877198	9,4%
carregador de navio	2120592	5,2%
Descarregador de navio	1484913	3,6%
empilhadeira recuperadora	1287440	3,1%
pier	1130578	2,8%
empilhadeira	1115635	2,7%
Guindaste movel	620934	1,5%
empilhadeira escarava	371090	0,9%
outros	293683	0,7%
alimentador de fert	283596	0,7%
silo	142874	0,3%
armazem	62675	0,2%
filtro de manga	37777	0,1%
moega	31635	0,1%
amostragem	19008	0,0%
sala eletrica	10294	0,0%
balanca	161	0,0%
Total Geral	41062241	

Fonte: Autor(2017)

Os tipos de ativos que mais se gasta é com transportadores de correia seguidos de viradores de vagão, recuperadoras e carregadores de navio. Tirando transportadores, eles estão entre os 6 piores MTBFs do Terminal. Transportador de correia é o 11º pior MTBF.

Os componentes que mais se gasta no terminal de tubarão são correia transportadora, rolos, cabos de aço, chapas, que são itens de desgaste. Este relatório leva em consideração a substituição do componente com restauração igual a 1 ou *as good as new*.

De acordo com Lafraia (2009, pag.9), um dos benefícios da confiabilidade é reduzir custos, portanto faremos estudos de confiabilidade para redução de custos em todos os componentes da lista.

Quadro 4.7 – Lista dos componentes mais consumidos nos primeiros 6 meses de 2016 do terminal de Tubarão.

Agrupamento Material	1	2	3	4	5	6	Total Geral	Qtd de requisicoes	Peso
Correia Transportadora	816262	178536	1371737	88312	34063	97769	2586680	128	36,9%
Rolo	137156	181134	249145	70406	147054	177477	962373	1674	13,7%
Cabo de Aço	331199	5003	289247	30215	20338	47476	723478	1447	10,3%
Chapas	81943	99554	140264	70293	60966	92812	545830	279	7,8%
Pneus			372300				372300	21	5,3%
Revestimento de Tambor	72776	90585	8274	18801	0	18801	209237	275	3,0%
Cavalete	42253	14978	53818	7191		18518	136759	17	2,0%
Eixo	2141	2003	-6219	117006	-6219	2037	110748	260	1,6%
Rolamento	-2977	10891	25469	11428	37345	13521	95677	46	1,4%
Placa	25523	10174	11881	9790	22992	7860	88220	9	1,3%
Raspador	11829	31084	5385	11841	10804	16826	87769	559	1,3%
Laminado Calha	0	69981					69981	4	1,0%
Motor / Motoredutor	5853	53667	21		0	3396	62936	121	0,9%
Raspador Inteiro			37805	11543	263	11456	61067	12	0,9%
Parafuso	6544	6999	10506	6314	3910	17915	52189	7	0,7%
Perfil	12123	11127	7542	8868	4994	6966	51621	4	0,7%
Oleo Hidráulico	7119	3067	6641	5285	18549	10317	50977	16	0,7%
Elo Caçamba			43964				43964	231	0,6%
Porca	1306	1921	2852	3962	935	31307	42284	17	0,6%
Lençol Borracha	3906		7812	23435	6510	-1302	40360	59	0,6%

Fonte: Autor(2017).

Para cada componente, existirá um estudo de confiabilidade dedicado para reduzir custos. O escopo de cada estudo ficará a cargo de cada engenheiro, que dependerá dos objetivos de cada cliente, mas as métricas básicas devem ser calculadas, como taxa de falha, vida média, vida B10 e a equação da pdf.

Essa equação servirá de referência para outros estudos de confiabilidade e iniciarmos um banco de distribuições de vida de cada componente.

4.2.8 Conclusão

O planejamento estratégico resultou na criação de:

- Missão e visão da engenharia de confiabilidade;
- SWOT e elaboração do mapa estratégico;
- Definição das iniciativas estratégicas e suas prioridades;
- Elaboração do perfil de custos de componentes e materiais;
- Criação de 129 iniciativas que se executadas, elevarão o patamar de confiabilidade do Terminal de Tubarão.

A equipe de engenharia de confiabilidade contém somente um engenheiro de confiabilidade em processo de certificação e por conta disso, duas iniciativas importantíssimas foram criadas:

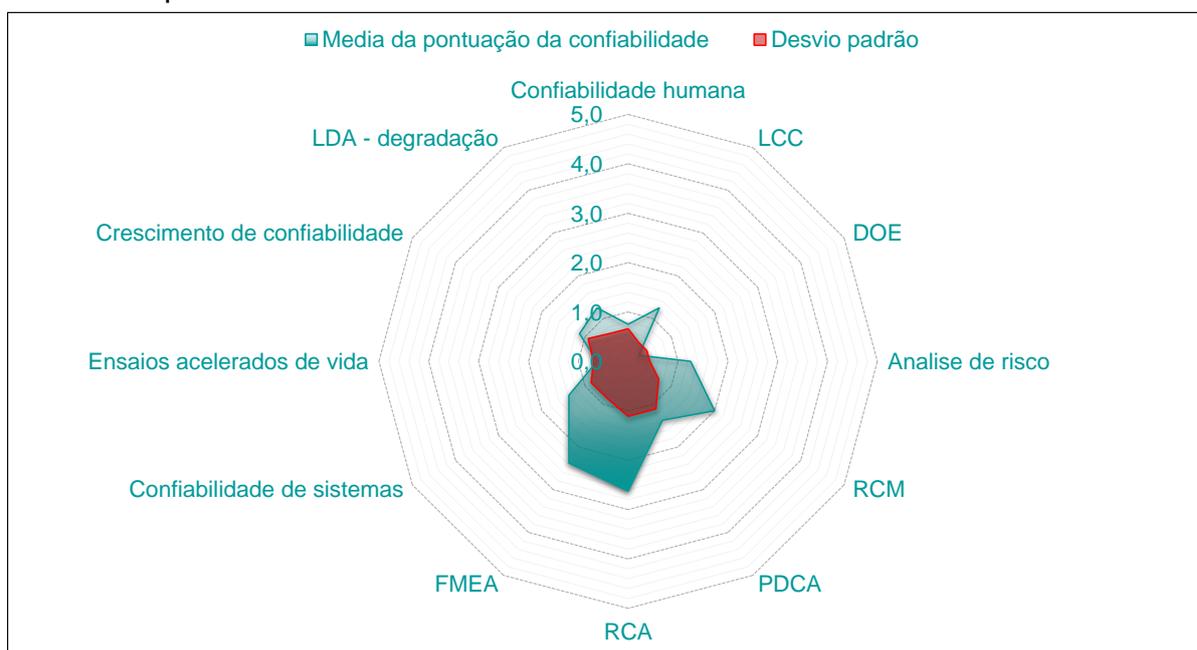
- Criação de um mapa de competências do engenheiro de confiabilidade e realizar, juntamente a área de recursos humanos, um levantamento da atual situação dos engenheiros;
- Explicitar o conhecimento de confiabilidade através de treinamentos externos.

4.3 MAPA DE COMPETENCIAS E MAPEAMENTO INTERNO

Durante a realização do SWOT foi realizado uma pesquisa junto à área de recursos humanos, para mapear as competências necessárias de um engenheiro de confiabilidade.

Os engenheiros responderam espontaneamente, em uma escala de 0 a 5, onde se media o grau de conhecimento de cada engenheiro e o gráfico a seguir é a média e o desvio padrão em cada área. O número 0 da escala significa que o engenheiro nunca ouviu falar da técnica, 1 já ouviu, 2 conhece, 3 ele conhece e já aplicou pelo menos 1 vez, 4 a técnica é rotina e ele é referência interna no assunto e 5 ele é referência interna e externa, publica trabalhos em feiras e fóruns sobre o tema.

Gráfico 4.2 – Mapa de competências do engenheiro de confiabilidade e pontuação da atual supervisão



Fonte: Autor(2017).

O resultado do mapeamento foi abaixo da expectativa, ainda mais quanto a técnica *root cause analysis*, RCA que na média atingiu 2.8 com baíssimo desvio padrão, dado que o foco da equipe, durante os últimos 5 anos foi a utilização de ferramentas de análise e identificação de causa raiz.

O valor baixo foi discutido e a explicação foi atribuída para a não execução das ações oriundas das análises de falha, atribuídas por parte dos clientes e isso provocava a recorrência das mesmas falhas.

Por outro lado, a pesquisa interna mostrou uma ameaça e uma oportunidade. A pesquisa mostrou um gap enorme na ciência confiabilidade por parte dos engenheiros e que deveríamos corrigir com urgência se quiséssemos atingir outros patamares de confiabilidade em médio e longo prazos.

Para que a estratégia de manutenção do porto fosse baseada em confiabilidade, precisávamos capacitar a equipe na ciência confiabilidade, seus produtos e benefícios.

Juntamente com o RH criamos uma trilha técnica básica de capacitação de um engenheiro de confiabilidade e a alta direção aprovou imediatamente a contratação, em escala, de treinamentos básicos em confiabilidade como: RCM, análise de dados de vida e confiabilidade de sistemas.

Figura 4.8 – Treinamentos In Company ministrados pela Reliasoft.



Fonte: Autor(2017).

Quadro 4.8 – Lista de pessoas que participaram dos treinamentos

Diretoria	Área	Quantidade de pessoas
DILP	Engenharia Portuaria	2
DIOP	Automação	1
	Execução MF	1
	PCM e Inspeção	18
DIVM	Eletroeletronica	2
	Locomotivas	1
	Vagões	2

Fonte: Autor(2017).

Foram treinadas 27 pessoas de 3 diretorias conforme tabela abaixo, em conjunto com a DIVM e a DILP, unindo forças para redução de custos. Esta capacitação é um marco para o Terminal de Tubarão no ponto de vista da orientação para resultados sustentáveis, dado que há necessidade de gerar disponibilidade ao menor custo com previsibilidade adequada.

Fazendo o treinamento em conjunto com 3 diretorias, conseguimos uma economia muito grande, de aproximadamente R\$ 75000,00 em relação a treinamentos individuais pela Reliasoft em São Paulo.

Quadro 4.9 – Redução de custos estimada com treinamento in Company.

ID da ação	Treinamentos	Data de início do Treinamento	Data Final do Treinamento	Valor Verba FBT	Valor total Treinamento	Valor pago Área Projeto: C000280.01
721063	XFRACAS - Uso da ferramenta na prática	02/12/2016	02/12/2016	R\$ 5.733,33	R\$ 8.600,00	R\$ 2.866,67
721062	RCM - Manutenção centrada em confiabilidade usando o software RCM+	05/12/2016	07/12/2016	R\$ 22.126,00	R\$ 22.126,00	R\$ 0,00
719062	Análise de dados de vida (LDA, QALT, RGA)	12/12/2016	16/12/2016	-	R\$ 30.000,00	R\$ 30.000,00
721061	Confiabilidade de sistemas (RBD, FTA)	27/12/2016	29/12/2016	-	R\$ 19.000,00	R\$ 19.000,00
Total				27859,33	R\$ 79.726,00	R\$ 51.866,67

Investimento individual total em São Paulo levando em conta estadia, locomoção e hotel	35%	
	Total	Saving
	R\$ 154.500,00	R\$ 74.774,00

Fonte: Autor(2017).

Com a equipe treinada em conceitos básicos de confiabilidade, como RCM, análise de dados de vida e confiabilidade de sistemas, foi ampliado a capacidade de entrega da equipe, melhorando a visibilidade para com os clientes e a alta direção tem a confiança necessária para tomada de decisão futuras. Na opinião dos colaboradores, o treinamento aumenta a empregabilidade e a diferenciação na entrega de seus produtos.

Resumindo, a preparação, planejamento e priorização das iniciativas estratégicas foram realizadas e a liderança poderá delegar os estudos para cada engenheiro.

O próximo capítulo mostrará as etapas de implantação de um programa de confiabilidade e posteriormente quais as iniciativas que suportarão cada etapa.

CAPÍTULO 5 - ETAPAS DE IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE CONFIABILIDADE

A seguir as etapas de implantação de um programa de confiabilidade serão apresentadas.

5.1 INTRODUÇÃO

Após a criação de missão, visão, desdobramento estratégico da alta direção, desenvolvimento de iniciativas concretas de melhoria de processos, redução de custo, aumento de disponibilidade e capacitação, temos a necessidade de criar um programa que dê de confiabilidade. De acordo com Flávio Fogliatto e José Ribeiro, (2009) um programa de confiabilidade são processos e rotinas estruturadas para que a manutenção, de forma sustentável, faça a transição da terceira para a quarta geração sem bloqueios, vícios e culturas que não agregam valor ao negócio.

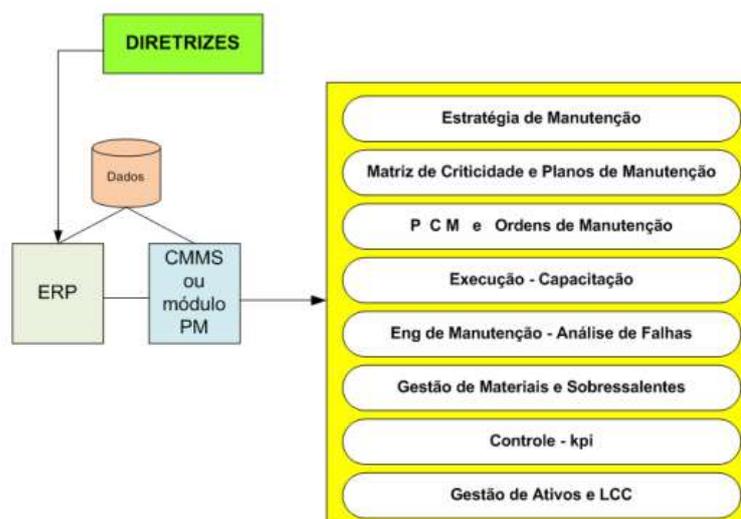
A implantação da gestão de ativos, necessita inicialmente, de um programa de confiabilidade sólido, com muita base histórica confiável, para tomada de decisão e deve estar alinhado aos objetivos estratégicos da organização.

O programa de confiabilidade criado pode ser considerado a espinha dorsal de um futuro programa de gestão de ativos do porto, dado que, as etapas criadas suportariam os processos 6 e 10 da ISO 55000.

Segundo Júlio Nascif (2016), a Manutenção tem que trabalhar segundo as melhores práticas e propõe um fluxo ótimo para atingimento das necessidades da empresa.

As etapas a seguir foram adaptadas do modelo de boas práticas de Nascif(2016), inserindo etapas prévias de taxonomia e hierarquização. O modelo de Nascif já leva em consideração a taxonomia já está implementada.

Figura 5.1 - Diretrizes da Organização e atuação da Manutenção



Fonte: Júlio Nascif (2016).

Essa hierarquização é importante para que todos sistemas da empresa como o ERP, CMMS, softwares de planejamento de parada de manutenção, confiabilidade e afins, tenham a mesma hierarquia e possam trocar informações em níveis diferentes. As etapas foram determinadas e acordadas entre os clientes internos diretos, como engenheiros e supervisores.

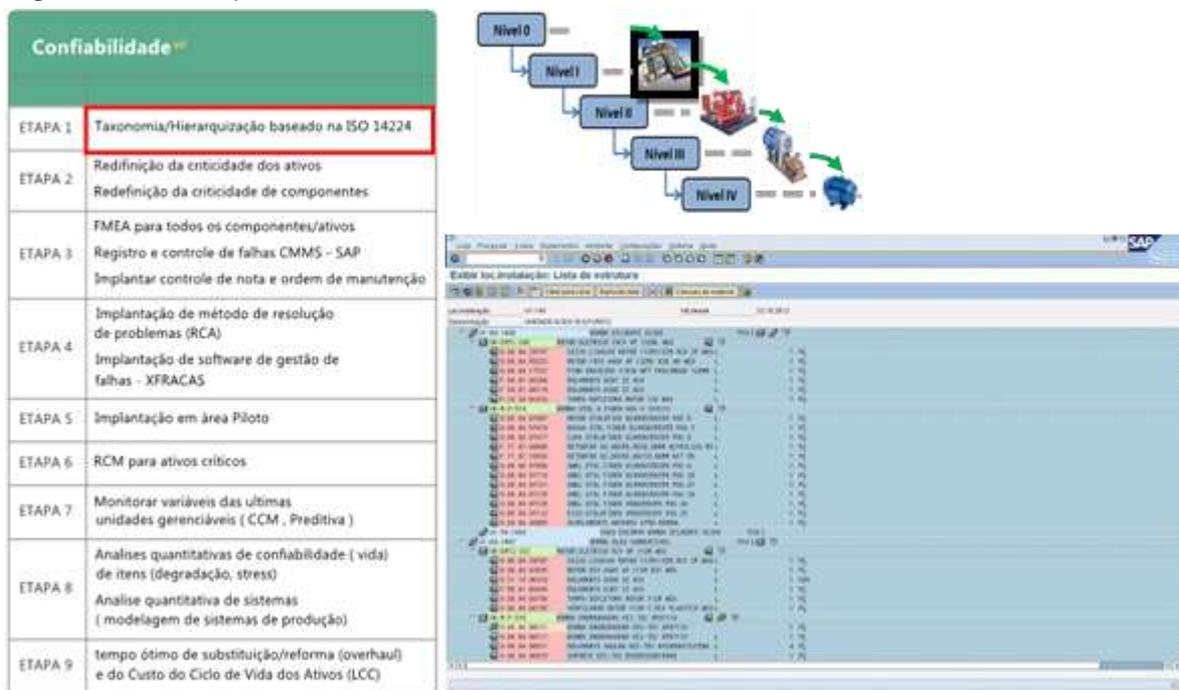
5.2 ETAPA 1

Uma taxonomia efetiva produz dados úteis para análises de confiabilidade de acordo com AICHE (1998, pag.3) e deve ser criada até o último nível de manutenibilidade, segundo ISO14224 (item 5.2). Em outras palavras o último nível da hierarquia são componentes que serão trocados, onde o fator de restauração é 1.

Atualmente, a hierarquia dos ativos do Complexo de Tubarão, está no nível de ativo. Foi levantado, no SWOT, a necessidade de desdobrar esta hierarquia até o último nível de manutenibilidade. Para isso foi elaborado um cronograma de desdobramento até 2019 e será vista no item 5.6.

A definição da melhor estratégia de manutenção para cada componente, que seja troca, reforma ou rodizio, deve sair de algum estudo prévio que demonstre que a estratégia é viável tecnicamente e financeiramente, segundo Moubray (1997).

Figura 5.2 – Etapa 1



Fonte: Autor(2017)

Para implantação inicial, dos 591 ativos produtivos, foi selecionada a rota mais crítica do Porto no quesito produção, chamada de rota T1 contendo 7 ativos.

5.3 ETAPA 2

Na sequência, é necessário classificar ativos quanto a sua criticidade para traçarmos a melhor estratégia de manutenção e de sobressalentes para cada tipo.

Para isso será usando a classificação ABC proposta pelo Japan Institute of Plant Maintenance - JIPM (1995) onde o mesmo recomenda o uso desta da classificação como ferramenta de avaliação da criticidade de uma máquina ou sistema dentro de um processo industrial.

Figura 5.3 – Etapa 2

Confiabilidade ¹⁵	
ETAPA 1	Taxonomia/Hierarquização baseado na ISO 14224
ETAPA 2	Redefinição da criticidade dos ativos Redefinição da criticidade de componentes
ETAPA 3	FMEA para todos os componentes/ativos Registro e controle de falhas CMMS - SAP Implantar controle de nota e ordem de manutenção
ETAPA 4	Implantação de método de resolução de problemas (RCA) Implantação de software de gestão de falhas - XFRACAS
ETAPA 5	Implantação em área Piloto
ETAPA 6	RCM para ativos críticos
ETAPA 7	Monitorar variáveis das ultimas unidades gerenciáveis (CCM , Preditiva)
ETAPA 8	Análises quantitativas de confiabilidade (vida) de itens (degradação, stress) Análise quantitativa de sistemas (modelagem de sistemas de produção)
ETAPA 9	tempo ótimo de substituição/reforma (overhaul) e do Custo do Ciclo de Vida dos Ativos (LCC)

No total são 1455 ativos com 13% de criticidade A, 13% de criticidade B e 75% criticidade C. Existem ativos de várias categorias, como apoio a produção, ambientais, normativos e estruturais como prédios e estruturas metálicas, conforme ISO 55000.

CLASSIFICAÇÃO	Diretoria:		Departamento de operações portuárias sudeste	
	Gerência de Área:		Gerência de PGM e engenharia dos portos de tubarão	
	Gerência Geral:		-----	
	RESUMO			
	A	B	C	TOTAL
	183	184	1088	1455
13%	13%	75%	100,0%	
ATENDIMENTO AO PROCESSO	SAÚDE E SEGURANÇA	MEIO AMBIENTE	CUSTOS	

Existem 591 ativos PRODUTIVOS com 24% de criticidade A, 28% de criticidade B e 49% criticidade C. Este conjunto de ativos estão diretamente ligado a produção ou à sua perda, conforme PAS 55.

CLASSIFICAÇÃO	Diretoria:		Departamento de operações portuárias sudeste	
	Gerência de Área:		Gerência de PGM e engenharia dos portos de tubarão	
	Gerência Geral:		-----	
	RESUMO			
	A	B	C	TOTAL
	139	164	288	591
24%	28%	49%	100,0%	
ATENDIMENTO AO PROCESSO	SAÚDE E SEGURANÇA	MEIO AMBIENTE	CUSTOS	

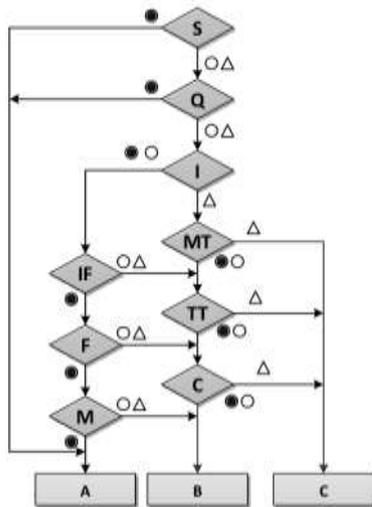


RG 1895 - iticidade dos ativ

Fonte: Autor(2017)

Um fluxograma decisório é utilizado e a partir de critérios que impactam o negócio da organização é atribuído uma nota para cada pergunta e ao final temos um os ativos priorizados.

Figura 5.4 – Fluxograma de decisão para definição da criticidade do ativo



		CLASSES		
		●	○	△
S	Risco a segurança	Alto risco	Risco médio ou baixo	Risco descartado
Q	Impacto na qualidade do produto	Reclamação externa	Apenas perda interna	Sem perdas
I	Indisponibilidade da produção	Tempo sem produção > 3h	Tempo sem produção ≥ 1h e ≤ 3h	Tempo sem produção ≤ 1h
MT	MTBF	Maior que uma falha a cada 2 meses	1 falha entre 2 e 6 meses	Menor que 01 falha a cada 06 meses
TT	MTTR	MTTR > 2h	0,5h < MTTR < 2h	MTTR < 0,5h
C	Custo de Manutenção	Maior de R\$ 3000,00	Entre R\$ 3000,00 e R\$ 1000,00	Menor que R\$ 1000,00

Fonte: Japan Institute of Plant Maintenance - JIPM (1995).

O foco deste trabalho não é mostrar o memorial de cálculo, mas sim, a metodologia e os critérios usados para revisar a criticidade de 1455 ativos, listados no arquivo RG 1895 da companhia.

Os critérios escolhidos foram, saúde e segurança, meio ambiente, atendimento ao processo e custos. Os critérios e matrizes de priorização estão no apêndice D.

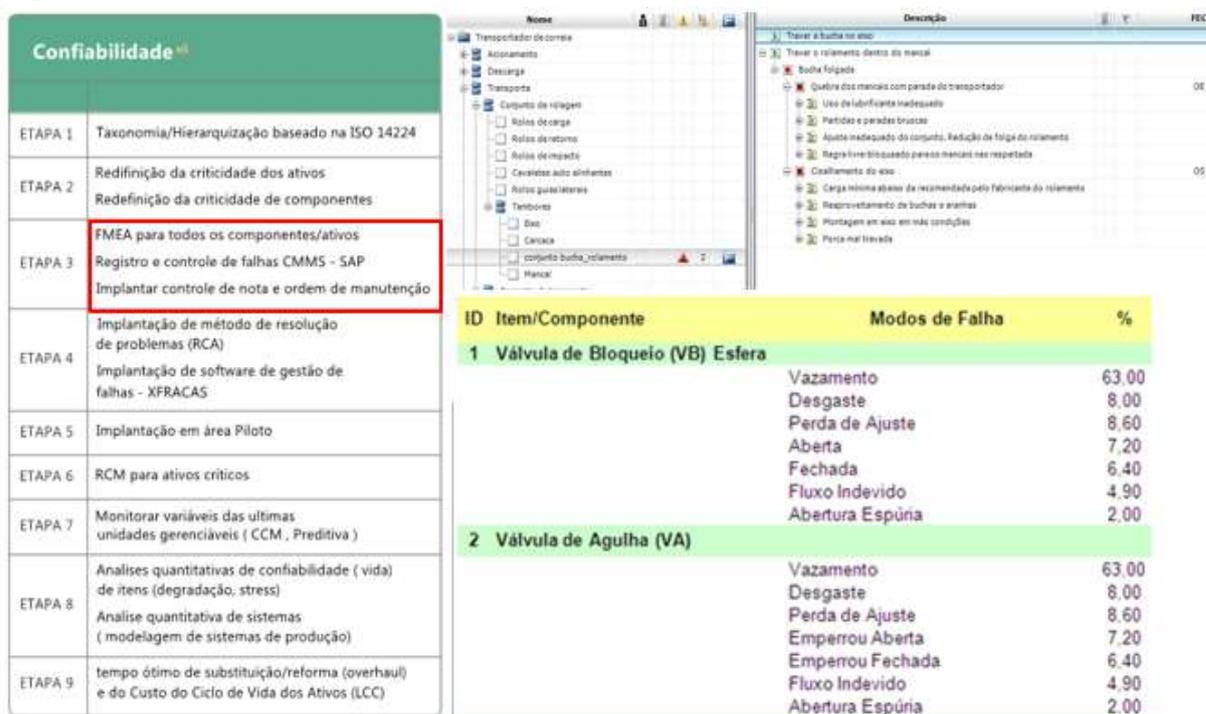
5.4 ETAPA 3

A etapa 3 é a etapa onde conhecemos e entendemos como os ativos deixam de exercer suas funções e os efeitos provocados pelas paralizações, para o processo e para a planta. Este passo é importantíssimo para a gestão do conhecimento da organização.

Este processo acontece pois há a participação de pessoas de várias áreas, operação, manutenção, TI, automação, e afins, na elaboração do documento, conforme orientação de Alan Kardec e Nascif (2009, pag.126)

A ferramenta FMEA foi selecionada para entender e registrar como nossos ativos falham e propor melhorias para a ocorrência e detectibilidade dos modos de falhas e eliminar ou minimizar a severidade dos seus efeitos.

Figura 5.5 – Etapa 3



Fonte: Autor(2017)

Este conhecimento será usado nas chamadas “Salas do Conhecimento”, que serão implantadas no médio prazo.

De acordo com Peter Senge (2013) a competência fundamental para assegurar a continuidade e prosperidade das empresas a longo prazo é a capacidade de aprender.

A função destas salas será principalmente a explicitação do conhecimento tácito dos empregados para que a gestão do conhecimento dos equipamentos do porto seja autossustentável e mudarmos o patamar de eficiência da manutenção, saindo da independência e indo em direção da interdependência.

Estas salas terão, além do FMEA e RCM completos dos ativos, treinamentos focados no dia a dia, como rotas de inspeção benchmark, utilização de ferramentas de coleta e medição, ajustes de percepção de bom e ruim e outros treinamentos com foco em melhora dos indicadores de tempo de reparo, tempo até a falha e aumento do intervalo PF.

Após a realização do FMEA é necessário registrar no CMMS da organização e implantar um processo de registro e controle de falhas, para garantir a qualidade e acuracidade das informações que serão posteriormente analisadas pelos engenheiros de manutenção.

Estes registros servirão de bases históricas para tratar falhas recorrentes e catastróficas, para realização de vários estudos de melhorias, confiabilidade, manutenibilidade e *Life cycle cost*, LCC.

5.5 ETAPA 4

A etapa 4 tem como objetivo implantar um método de análise e resolução de problemas que seja ágil, que gere conhecimento baseado em normas e técnicas mais atuais de manutenção, seja eficaz na eliminação das recorrências de falhas e que possa ser acessível por todos da organização. Esta é uma das boas práticas da manutenção conforme Alan Kardec e Nascif (2009, pag.124).

No Terminal de Tubarão, o processo já existe desde 2005 e passou por várias mudanças históricas e é basicamente composto de análise de falhas pontuais/catastróficas e análise de falhas recorrentes.

O problema atual deste processo é que mediante alteração de estrutura, houveram alterações do corpo de engenheiros que faziam este serviço, sendo composto por pessoas experientes no processo e pessoas que nunca o fizeram.

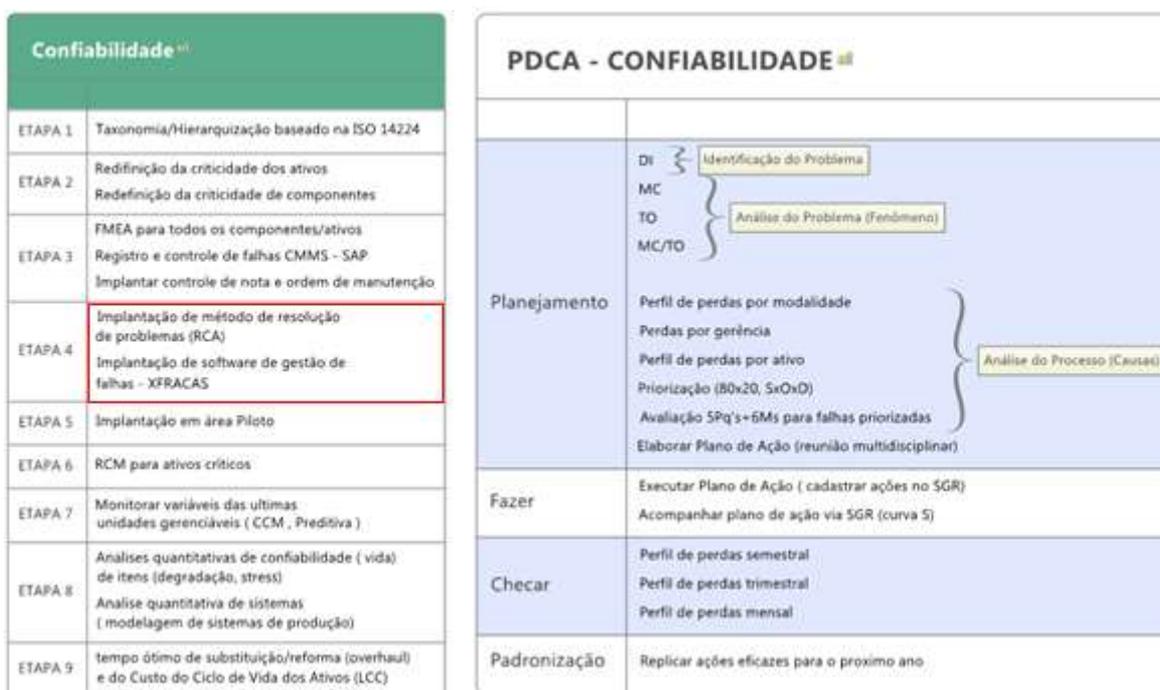
Este é um problema devido a despadronização dos produtos e entregas para os clientes. Há a necessidade de padronizar processos e rotinas de tratamento de falhas pontuais e sistêmicas, enfim, implementar um método adequado de análise de solução de problemas se tornou necessário.

Segundo Alan Kardec e Nascif (2009, pag.124) escolher um método de análise e resolução de problema é necessário para aumento da confiabilidade. O método *plan, do, check and act*, PDCA foi escolhido e a figura 5.6 demonstra como foi adaptado dentro da rotina da engenharia de manutenção no Terminal de Tubarão.

O processo se inicia realizando o planejamento estratégico anual, onde é estudado o comportamento da disponibilidade inerente e de seus indicadores, horas de manutenção corretiva não planejada e tempo operando, com janela móvel de 12 meses. Um indicador de rendimento foi criado que é MTTR/MTBF que mostra o peso das horas emergenciais não planejadas em relação ao tempo operando.

Após análise destes indicadores, são utilizados vários gráficos de pareto de apoio, com várias visões (modalidade, gerencia e ativo), para entendermos e priorizarmos os problemas a serem tratados.

Figura 5.6 – Etapa 4



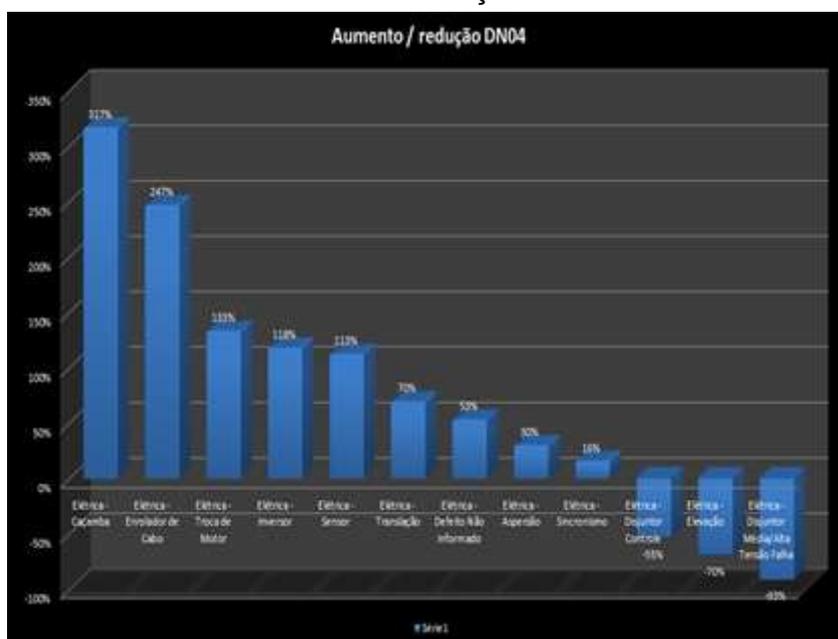
Fonte: Autor(2017).

Após problemas priorizados, usamos Ishikawa, 5 porquês e 6Ms para identificar causas raízes das falhas e traçarmos as soluções.

Após este estudo, o planejamento de cada supervisão está pronto para os próximos anos, com ações de custeio e investimento priorizadas que servirão de base para elaboração do plano diretor do porto.

O PDCA inicial é revisado a cada 3 meses, verificando se a disponibilidade do trimestre foi atendida e se há tendência de atingimento nos próximos trimestres. Este estudo trimestral se faz necessário devido ao surgimento de novos modos de falhas ou não eficácia no tratamento anterior.

Figura 5.7 – Análise trimestral aumento/redução

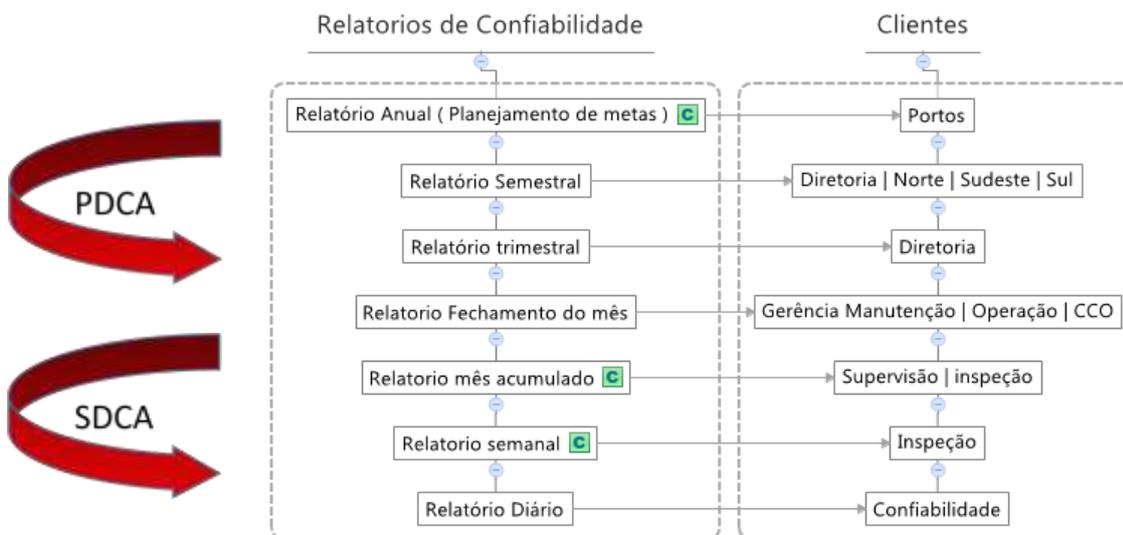


Fonte: Autor(2017)

No ponto de vista de gestão de ativos essa metodologia contém um problema, dado que é extremamente reativa.

Para resolver esse dilema e sermos proativos, há uma rotina mensal e semanal que deverá ser cumprida para tentarmos agir antes das falhas ocorrerem e o seguinte SDCA foi adicionado à análise.

Figura 5.8 – Rotina PDCA e SDCA de um processo de análise e resolução de problema



Fonte: Autor(2017)

Este processo *standard, do, check and act*, SDCA se torna eficaz à medida que os clientes entenderem que o cumprimento desta rotina é um hábito proativo e não reativo da organização com objetivo de redução de futuras falhas e uma oportunidade de padronizar soluções.

Outro fator de sucesso é a base, mantenedores, inspetores, engenheiros, entenderem que este processo não é punitivo e sim valorativo, dado que os resultados individuais se destacarão e estarão diretamente conectados com o objetivo da organização.

Com isso rotinas de relatórios foram implementadas com várias visões temporais semanais, mensais, trimestrais, semestrais e anuais onde as ações geradas são cadastradas e acompanhadas.

No ano eram gerados 441 relatórios, distribuídos cronologicamente conforme gráfico abaixo, de 7 supervisões de inspeção, como mostrado na tabela de produtos iniciais item 4.2.1 e no descritivo do Terminal de tubarão no capítulo 3 item 3.2.

Figura 5.9 – Rotina de relatórios de confiabilidade

	1º SEMESTRE																		2º SEMESTRE																	
	1º TRIMESTRE						2º TRIMESTRE						3º TRIMESTRE						4º TRIMESTRE																	
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN																		
REL SEM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
REL MEN	1																																			
REL TRI																																				
REL SEME																																				
REL ANU																																				
TOTAL	2	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2

Fonte: Autor(2017)

Esta rotina começou a rodar primeiramente em arquivos de apresentação no formato pptx, gerados de planilhas pesadíssimas de excel, onde eram gastos, em torno de 2 dias para ficarem prontos, 7 pessoas envolvidas no processo e as informações ainda não eram suficientes para atender as expectativas dos stakeholders.

Durante o planejamento estratégico, essa foi uma fraqueza levantada e vimos a necessidade de automatizar estes relatórios, sanear as informações necessárias para cada cliente e aumentar a produtividade da equipe de confiabilidade que era responsável por estratificar as perdas do processo

A solução encontrada foi a utilização de softwares de business intelligence atrelado à uma base de dados confiável em Access, versão 16.

A elaboração da base de dados foi consolidada por meio de um processo de *data warehousing*, suportados pelas ISO 25012 e ISO 25024. Estes processos contêm etapas de extração, transformação e carregamento (ETL) acompanhado de uma camada de validação que tem objetivo de identificação e remoção de inconsistências. Tais inconsistências iam de contra a regras de negócio e o que os dados realmente representavam.

As inconsistências impactavam diretamente no número de falhas consequentemente no MTBF e MTTR.

O banco de dados foi modelado usando um tipo de modelagem chamada de constelação de fatos no software *power bi* da Microsoft.

Figura 5.10 – Conceito de base de dados tipo constelação de fatos



Fonte: Autor 2017 – apresentação da tela de relacionamentos do Microsoft Power bi versão 2017 (2017)

Com este banco modelado é realizada uma configuração via gateway que permite programação de atualização do banco de dados sem intervenção humana.

Após a criação do banco de dados o próximo passo foi a criação de *dashboards* com várias visões para os engenheiros de manutenção estudarem os problemas dos ativos e propor soluções.

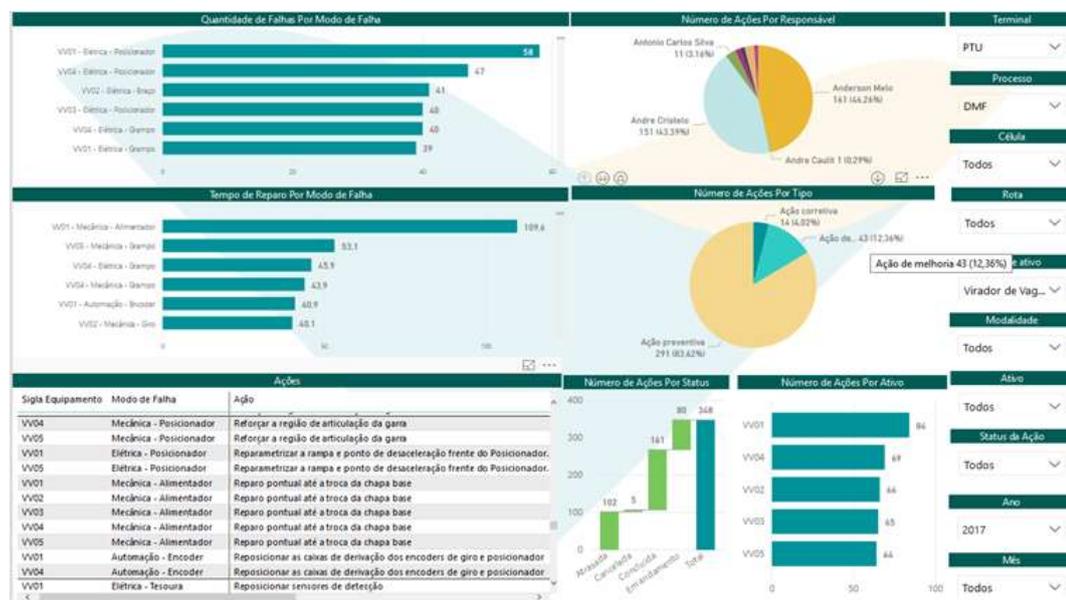
Os resultados das análises são planos 5W2H que são apresentados em reuniões de análise crítica, onde ações são aprovadas e registradas no sistema.

Figura 5.11- *Dashboard* de recorrência de falhas por mês.



Fonte: Autor(2017). Power bi.

Figura 5.12 – *Dashboard* de gestão de ações



Fonte: Autor (2017)

O resultado dos *dashboards* serão apresentados no capítulo 7.

Além de realizar gráficos das falhas que já ocorreram, o sistema foi preparado para inserir dados de confiabilidade, para estudos futuros da equipe de confiabilidade, dado que o software se conecta à scripts realizados no software RStudio, versão 1.0.143.

A vantagem deste sistema é que a confiabilidade e manutenibilidade é calculada interativamente, dado que o usuário usar os filtros da página e o power bi atualiza os gráficos rodando o script do R que foi inserido previamente no sistema.

Figura 5.13 – Confiabilidade, Manutenibilidade e FTA interativa

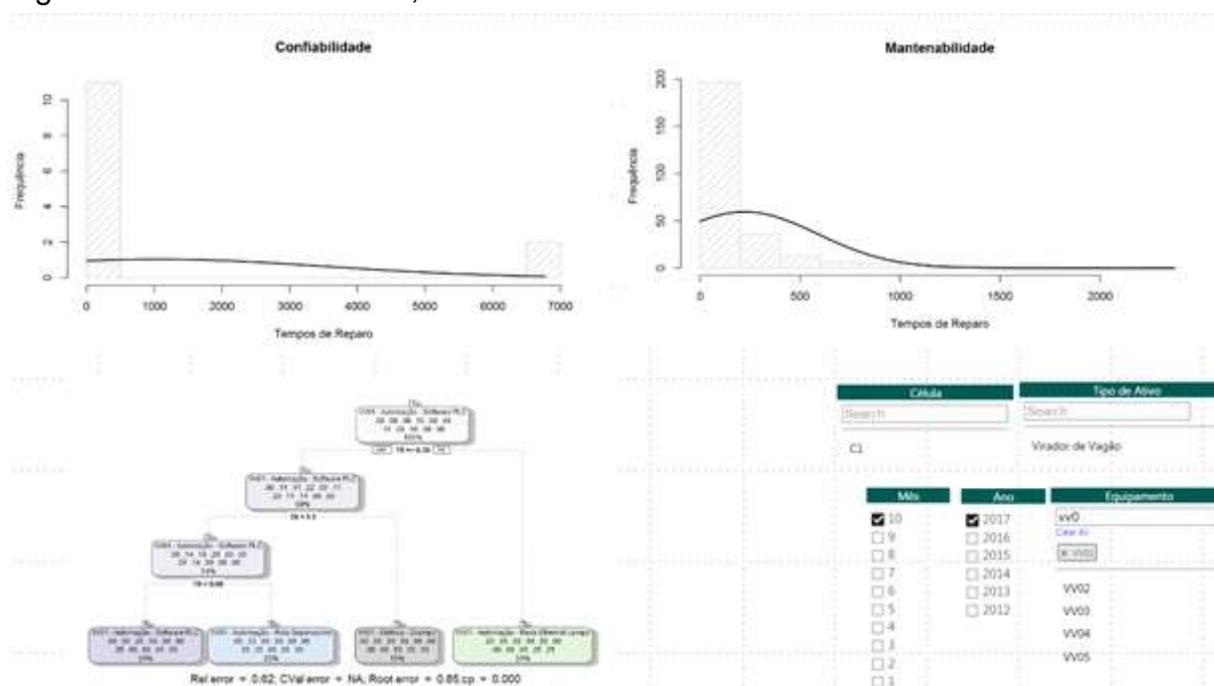


Figura 5.14 – Códigos RStudio para cálculo de confiabilidade acima

```
g = dataset$`TAF`
h <- hist(g, breaks = 10, density = 10,
         col = "lightgray", xlab = "Tempos de Reparo", main = "Confiabilidade", ylab = "Frequência")
xfit <- seq(min(g), max(g), length = 40)
yfit <- dnorm(xfit, mean = mean(g), sd = sd(g))
yfit <- yfit * diff(h$mids[1:2]) * length(g)
lines(xfit, yfit, col = "black", lwd = 2)

g = dataset$`Tempo de Reparo`
h <- hist(g, breaks = 10, density = 10,
         col = "lightgray", xlab = "Tempos de Reparo", main = "Manutenibilidade", ylab = "Frequência")
xfit <- seq(min(g), max(g), length = 40)
yfit <- dnorm(xfit, mean = mean(g), sd = sd(g))
yfit <- yfit * diff(h$mids[1:2]) * length(g)
lines(xfit, yfit, col = "black", lwd = 2)
```

Fonte: Autor(2017)

Estes códigos foram escritos usando a função normal.

A ideia desta iniciativa é mostrar interativamente métricas de confiabilidade para tomada de decisão para cada ativo, tipo de ativo, modo de falha e modalidade de manutenção como elétrica, mecânica, lubrificação e outras.

5.6 ETAPA 5

A etapa 5 é entregar um estudo piloto e foi inserida devido a necessidade de gerar entregas de curto prazo que possam ser mensuráveis para a alta gerência, que na sua grande maioria, não conhece os ganhos da ciência confiabilidade.

Outro objetivo foi para ganhar a confiança de toda a equipe envolvida e ser um agente da aprendizagem, onde o objetivo é a busca de conhecimento, a interatividade dos participantes e o aprendizado simultâneo.

De acordo com Patrick Lencione(2002) a ausência de confiança não permite a geração de conflitos positivos, como, dúvidas, questionamentos, mudança de objetivos gerando uma harmonia artificial. Como não há questionamentos, não há geração de comprometimento. Se não há comprometimento, ninguém assume responsabilidade que por sua vez gera resultados baixos ou inconsistentes. Em outras palavras, a confiança é a base para alcançar resultados sustentáveis.

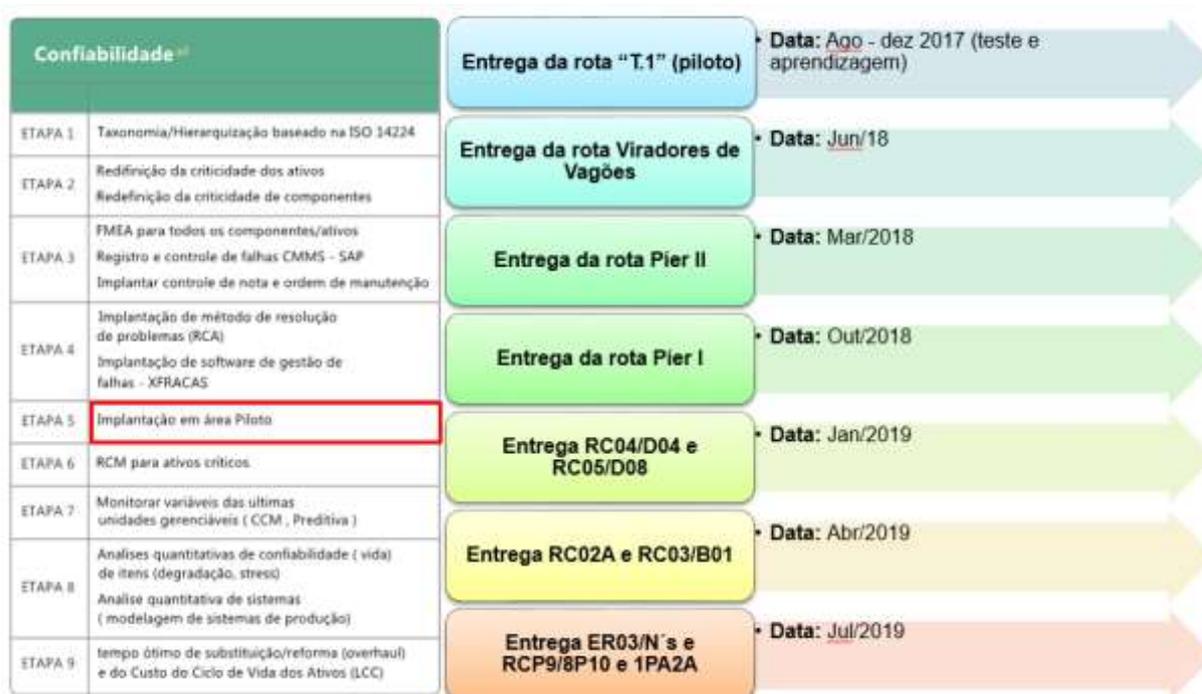
O projeto piloto é uma estratégia de eficiência de uma equipe de alta performance.

De acordo com Stephen Covey (2004), um dos princípios de pessoas altamente eficazes é aplicar o princípio do equilíbrio constantemente. Equilíbrio entre produção e capacidade de produzir ou, em outras palavras, não adianta somente prometer grandes resultados no final do trabalho, devemos fazer pequenas entregas, equilibrando a relação produção e capacidade de produzir.

O projeto piloto foi aplicado a rota da descarga de minério de ferro do Terminal de tubarão, chamada de Rota T1. Os ativos desta rota são transportadores TRF01, TRF03, TRF04, TRD01, EP03, EE01 e EE02.

A sequência do projeto já está determinada e será conforme gráfico abaixo.

Figura 5.15 – Etapa 5



Fonte: Autor(2017)

Após esta implementação deste cronograma, os ativos mais críticos do terminal estarão com hierarquia, RCM, FMEA, compontes registrados em sistema informatizado, CMMS, softwares de confiabilidade e um processo de gestão de falhas através de um MASP.

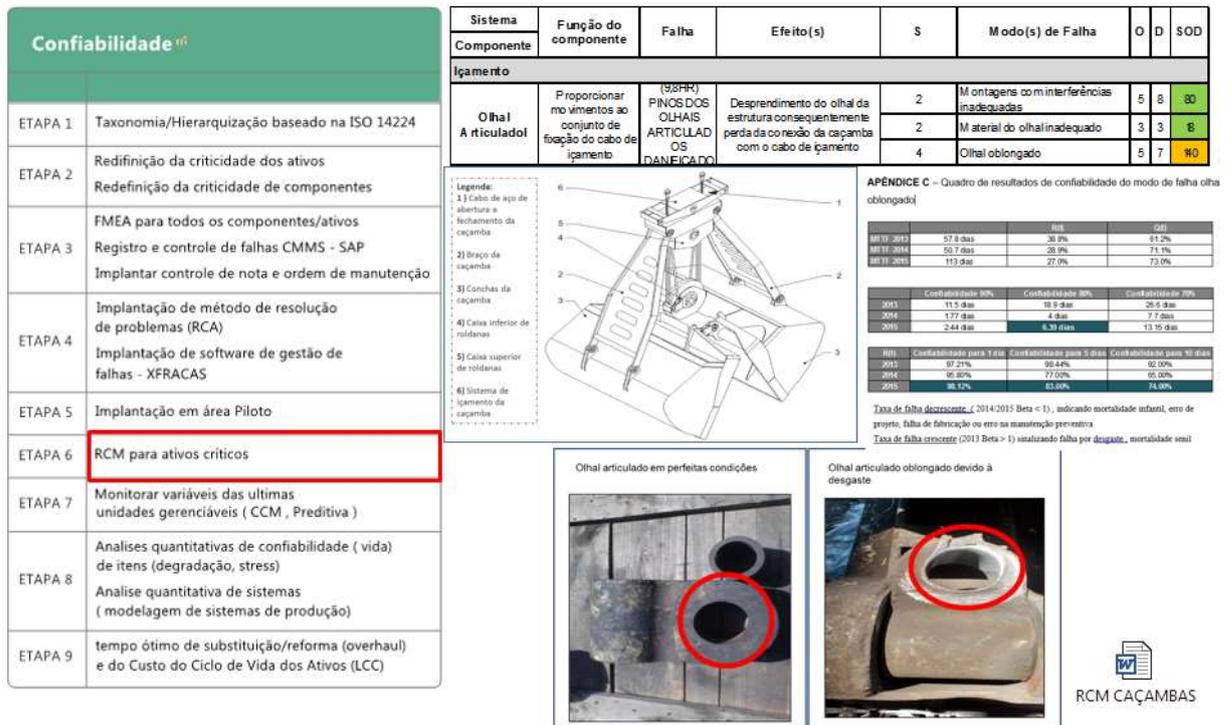
5.7 ETAPA 6

A etapa 6 é a implementação do RCM para os ativos críticos do processo, onde será aproveitado as etapas anteriores para criação e adequação dos planos de manutenção.

Existem 139 ativos críticos A e o processo de RCM será aplicado a todos. O que não foi definido ainda, são as pessoas envolvidas que realizam estes estudos.

Nas iniciativas estratégicas foi definido que é necessário criar uma norma de RCM para Portos ou para mineração como um todo, dado que é um mercado onde temos muitas falhas disponíveis para tratamento. Essa característica pode ser muito bem aproveitada nos critérios de priorização.

Figura 5.16 – Etapa 6



Fonte: Autor(2017)

O layout, etapas, estrutura, processos de um RCM ainda está em processo de evolução na empresa.

5.8 ETAPA 7

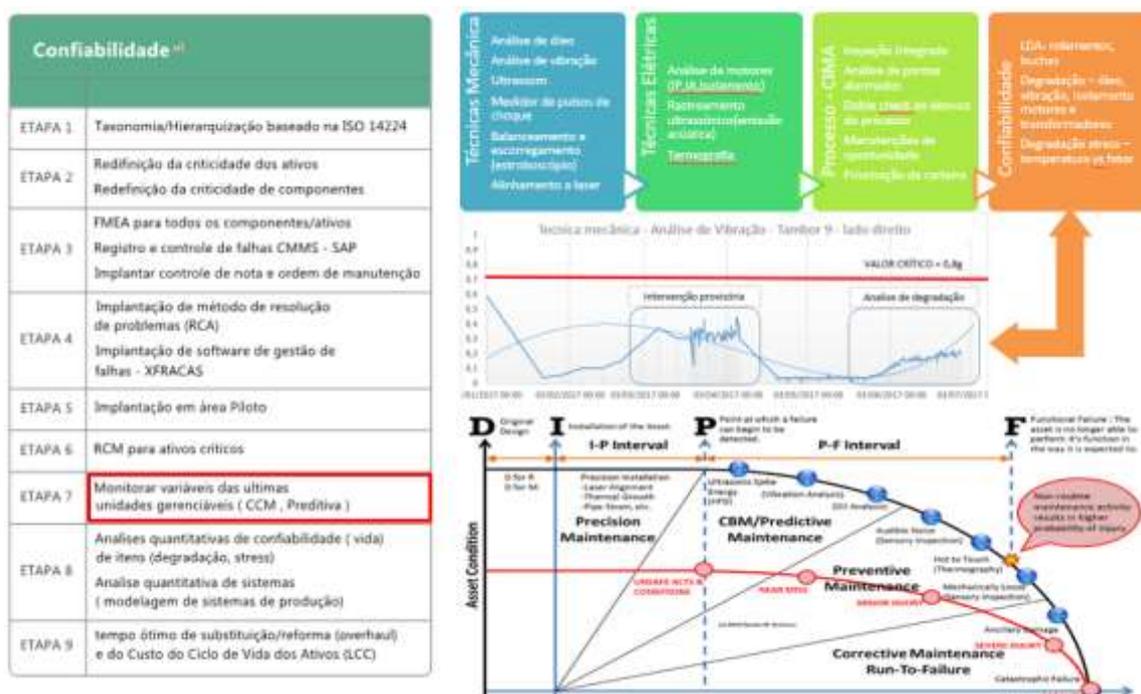
A etapa 7 foi inserida devido à necessidade continua de monitoramento dos modos de falha e de seus efeitos, na busca pela melhora da disponibilidade e a velocidade de resposta na emergência de um algum modo de falha.

O foco desta etapa é prevenção de falhas, conforme Alan Kardec e Nascif (2009, pag.4) o objetivo é cada vez intervir menos na planta, e só fazemos isso mediante conhecimento da tendência das variáveis que causam o aparecimentos

dos modos de falha. Esta etapa é a implantação de um centro de monitoramento e no processo de inspeção integrada.

Esta etapa é baseada no processo chamado de inspeção integrada, onde em resumo, ocorre a informatização dos retornos das inspeções de todas as modalidades de manutenção, elétrica, mecânica, vulcanização, energia, automação e instrumentação e sua posterior análise é concentrada em um centro de monitoramento.

Figura 5.17 – Etapa 7



Fonte: Autor(2017)

O que o inspetor precisa inspecionar está contido em um coletor de dados, na forma de checklists, pontos de inspeção, que se originaram no FMEA e/ou RCM do ativo. Todos os inspetores realizam suas rotas de inspeção e registram os desvios encontrados nos coletores. Ao sincronizar o coletor com o banco de dados, o centro de monitoramento consegue tratar estes desvios instantaneamente e já direciona contingente de pessoas, recursos e materiais para evitar que o ativo deixe de exercer sua função e parar o processo ou a planta.

Este centro foi chamado de CIMA, centro integrado de monitoramento de ativos. Este centro recebe informações das inspeções preditivas, com seus softwares dedicados de vibração, termografia, análise de motores e unem com informações das inspeções sensitivas. Com isso temos duas informações

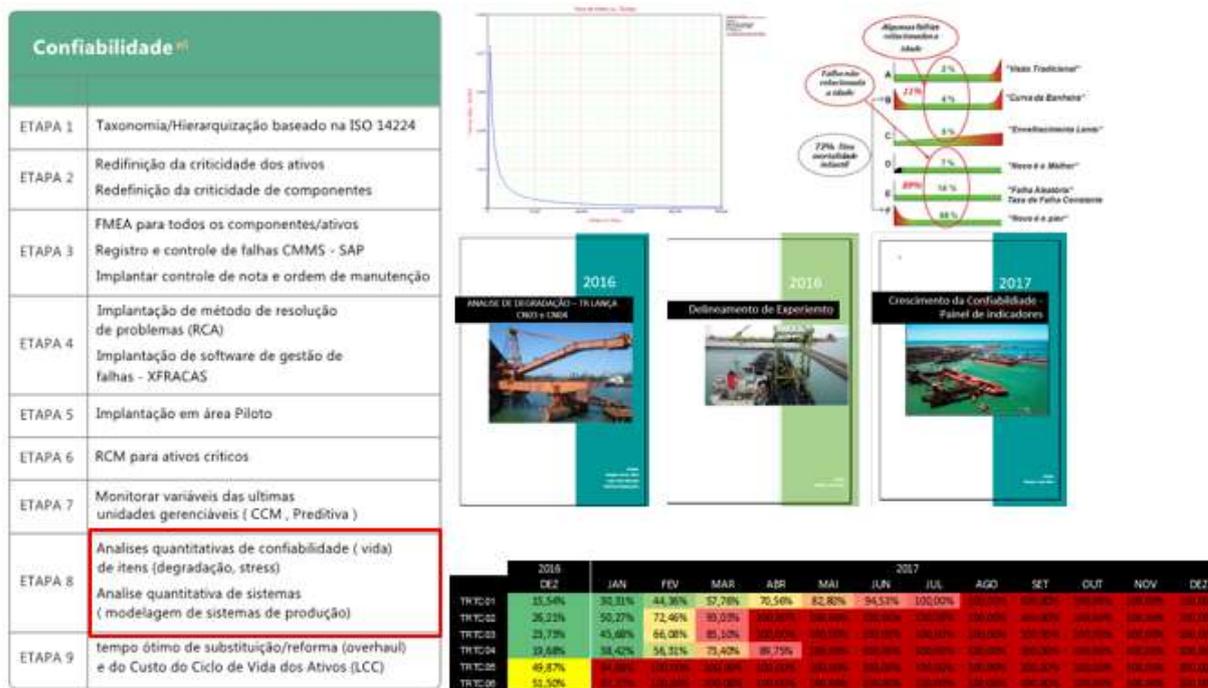
importantíssimas em um mesmo local para tomada de decisão. A inspeção sensitiva e a inspeção preditiva.

Esta etapa se resume no processo de registro, cadastro, monitoramento e utilização de técnicas mais avançadas de detecção dos mecanismos de falhas com o objetivo de aumentar o tempo do intervalo PF, aumentando assim, a chance da manutenção prevenir a ocorrência do modo de falha e conseqüentemente perda da função do ativo. O PCM terá mais tempo para programar a manutenção e priorizar paradas baseadas em dados reais e não em sentimento ou quem tiver mais voz ativa na manutenção.

5.9 ETAPA 8

A etapa 8 envolve os estudos de confiabilidade quantitativos propriamente ditos. A eficiência, e muitas vezes a eficácia desta etapa, depende da implantação das etapas anteriores.

Figura 5.18 – Etapa 8



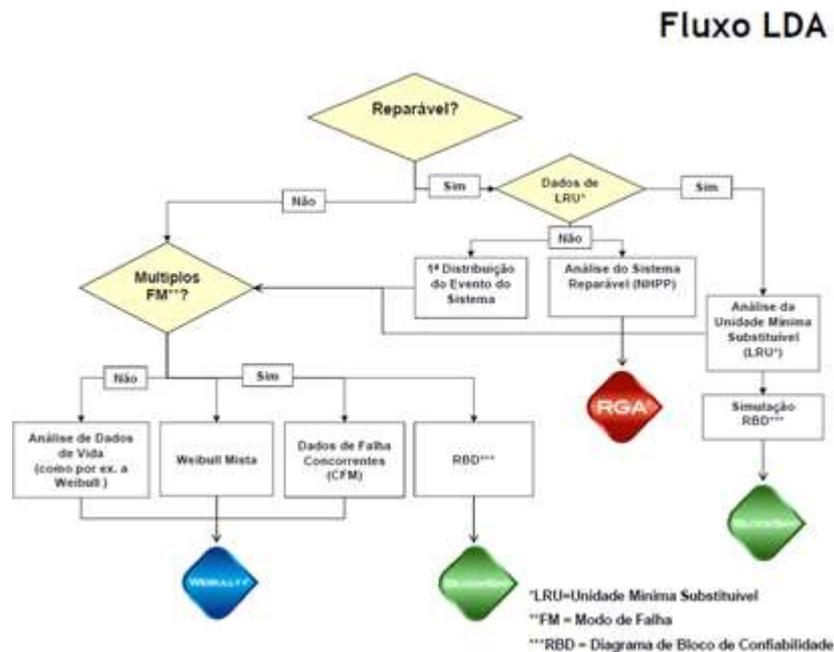
Fonte: Autor(2017)

Existem muitos modelos e técnicas de análise de confiabilidade. Para fins de manutenção, elas se dividem principalmente em técnicas de análise de sistemas

reparáveis e não reparáveis. Cada técnica tem seus objetivos e devem ser realizadas uma entrevista com o cliente para saber qual delas devem ser utilizadas.

Em um resumo, a decisão de qual técnica usada deve passar pelo fluxo proposto pela empresa Reliasoft no curso G400, e só após definir qual ser usada.

Figura 5.19 – Fluxo de decisão de análise de confiabilidade



Fonte: Reliasoft(2017)

Se os dados forem somente de componentes e /ou modos de falha não é necessário utilizar técnicas de confiabilidade de sistemas reparáveis.

Mas se o desejo for estudar um sistema reparáveis, os modelos estatísticos são outros e não devem ser utilizados os mesmos modelos de análise de dados de vida.

Os benefícios da utilização destas técnicas são inúmeros, segundo Lafraia (2006, pag. 9) envolvem:

Figura 5.20 – Benefícios de análises qualitativas e quantitativas de confiabilidade



Fonte: Lafraia (2006, pag. 9).

Mediante uma fraqueza detectada no estudo de SWOT, mostrado no capítulo 3, a liderança, os engenheiros e o principalmente o corpo técnico, na sua grande maioria, desconhece o que a ciência confiabilidade pode agregar nas ruas rotinas.

Pensando em aproximar a engenharia de confiabilidade de seus clientes, foi desenvolvido um catálogo de produtos a serem entregues. Este catálogo foi disponibilizado para os clientes, para que os mesmos possam, mediante qualquer problema, saber o que solicitar para a engenharia de confiabilidade. O catálogo foi dividido em 3 grandes pilares conforme objetivos estratégicos mostrados no capítulo 4, são eles:

- Análise quantitativa
- Análise qualitativa
- Banco de dados

Dentro de cada pilar foi desenvolvido cada estudo com seus objetivos bem descritos

Figura 5.21 – Catálogo de produtos de confiabilidade na linguagem da manutenção.

Catálogo de produtos	
Analise Qualitativa	RCM <ul style="list-style-type: none"> Elaborar plano de manutenção usando método RCM Estudo de viabilidade de troca de estratégia de manutenção FMEA <ul style="list-style-type: none"> Elaborar estudos de melhoria no ativo Analise RCA <ul style="list-style-type: none"> Elaborar analise de falha sistematica Elaborar analise de falha catastrofica
Analise Quantitativa	Analise de dados de vida: Estudos de confiabilidade de itens não reparáveis (taxa, pdf, vida média, confiabilidade, CDF) Analise de degradação: Estudos de tendencia e confiabilidade (desgaste, folgas, condutividade, desalinhamentos, deformações) Confiabilidade de sistemas: Estudos de confiabilidade de itens reparáveis (disponibilidade, manutenabilidade, confiabilidade) Crescimento da confiabilidade: Estudos de confiabilidade de itens reparáveis (NHPP, GRP)
Banco de dados	Criar/atualizar regras de registro de falhas (FRACAS - Failure reporting) Criar/atualizar regras ETL de dados Criação/atualização de reports de falhas Criar/atualizar softwares de business intelligence Criar/atualizar regras de calculos de indicadores de confiabilidade Gerir/atualizar ações

Fonte: Autor(2017)

A seguir serão mostrados todos os produtos que foram planejados dentro do catálogo de produtos.

O catálogo é literalmente uma estratégia para traduzir os produtos de confiabilidade na linguagem da liderança ou do corpo técnico. Exemplo: Se o problema do PCM é decidir qual ativo parar na próxima janela de manutenção, no catálogo o PCM encontrará o estudo chamado “Análise do risco de postergação de parada de manutenção”.

Ouro exemplo para a liderança pode ser: Se a alta direção está para aprovar um projeto de investimento e está indecisa entre dois projetos, ela pode solicitar um estudo de “Estudo para seleção de investimentos e orçamento de custeio”.

A alta liderança, não conhece taxa de falha, *pdf*, *RBD*, *weibull*, parâmetros de distribuições.

Este catalogo será a forma de comunicação entre liderança e confiabilidade.

Figura 5.22 – Produtos estratificados por área de conhecimento



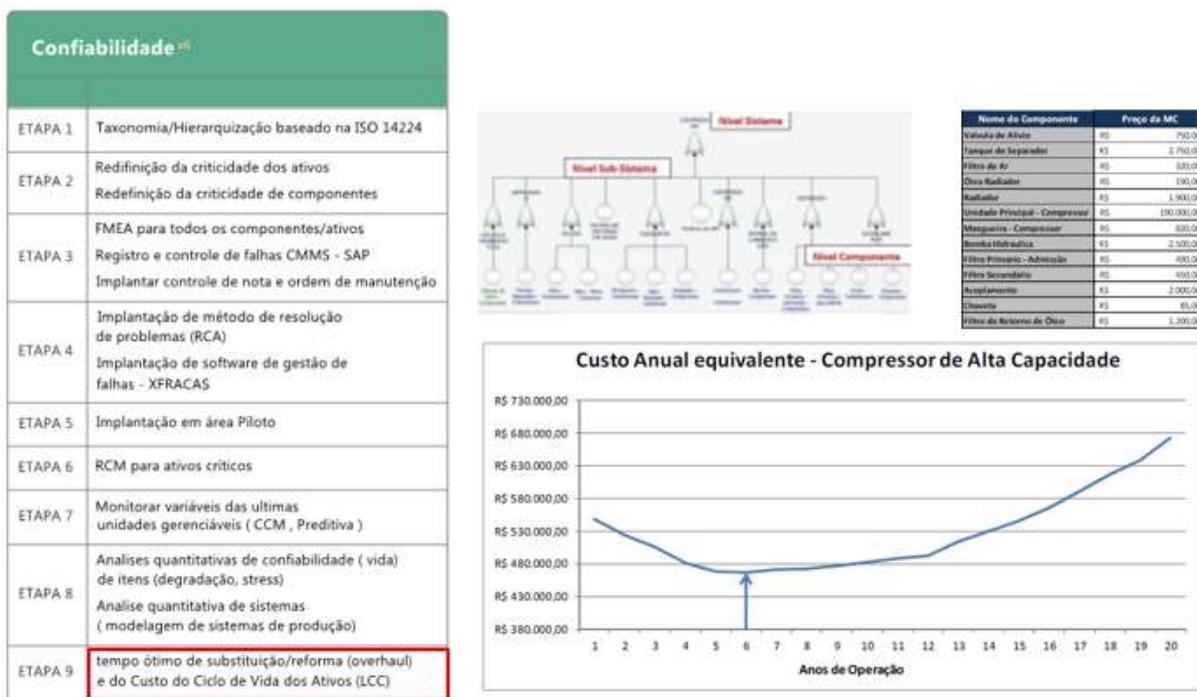
Fonte: Autor(2017)

Todos os produtos aqui descritos podem ser solicitados via ordem de manutenção para a área de engenharia de confiabilidade.

5.10 ETAPA 9

A etapa 9 busca calcular o overall de sistemas ou calcular indicadores financeiros que determina o ciclo de vida dos ativos com as informações registradas das etapas anteriores.

Figura 5.23 – Etapa 9



Fonte: Autor(2017)

O LCC é baseado em indicadores da engenharia econômica e indicadores da engenharia de confiabilidade. Devemos calcular o custo anual equivalente do ativo ou em outras palavras, o custo que determinado fluxo de caixa pode sofrer periodicamente e mediante indicadores financeiros, avaliar sua substituição ou não.

Os indicadores financeiros que devemos levar em consideração conforme José Flávio Ramos Junior (2015) apud Foster Horngren, Srikant Datar e Madhav Rajan (2000) são:

- Valor inicial de investimento
- Taxa de Depreciação
- Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

- Inflação
- Valor Presente Líquido (VPL)
- Custo de Manutenção Preventiva/Corretiva
- Custo Anual de Manutenção
- Custo Anual de Operação
- Fluxo de Caixa
- Valor Anual Equivalente (VAE)
- Custo Anual Equivalente (CAE)

Ainda segundo José Flávio Ramos Junior (2015) o CAE será usado para a definição do tempo ótimo de substituição do ativo, o CAE será o principal indicador para a tomada de decisão, ou seja, o período/ano de operação que possuir o menor CAE, será o período ótimo para a sua substituição.

Segundo Dennis Mazzei (2017) a formula de CAE (1) é

$$CAE = VPL \cdot \frac{(1+i)^n \times i}{(1+i)^n - 1} \quad (1)$$

5.11 CONCLUSÃO

As etapas de implantação de um programa de confiabilidade foram desenvolvidas para que qualquer organização possa implantar este processo e obter ganhos financeiros.

Estas etapas são a espinha dorsal de um programa de manutenção de excelência e os primeiros passos para uma transição para um programa de gestão de ativos. O apêndice E atrela as etapas de implementação com as iniciativas.

O próximo capítulo apresentará cases que já foram realizados usando essas etapas.

CAPÍTULO 6 - CASES

Para implantação do programa de confiabilidade foi necessário a participação de várias pessoas conforme Alan Kardec e Nascif (2009, pag. 126).

Estes cases tem como objetivo, exemplificar para a manutenção, líderes e engenheiros, como alguns produtos de confiabilidade podem ser aplicados rapidamente e os ganhos em aplicar as técnicas da ciência confiabilidade.

Não é objetivo deste trabalho explicar cada técnica do início ao fim e tampouco mostrar com detalhes como foi elaborado todos esses estudos. O objetivo é mostrar campos de aplicação de cada técnica.

Um dos produtos criados pela confiabilidade é a análise de degradação que pode ser aplicada em vários componentes.

6.1 ANALISE DE DEGRADAÇÃO EM MOTORES DE CORRENTE ALTERNADA DE TRANSPORTADORES DA LANÇA DE CARREGADORES DE NAVIO.

Análise de degradação é uma técnica que permite o cálculo de confiabilidade do item, sem o mesmo ter falhado, usando extrapolação estatística de uma variável aleatória (grandeza física), para determinação do tempo em horas, ciclos, quilômetros, para atingimento de um limiar crítico e assim determinar a confiabilidade do item. Este limiar é determinado de acordo com a necessidade do estudo. O case a seguir mostra como foi aplicado

6.1.1 Problema

A equipe de manutenção preditiva contém vários planos de manutenção em motores de corrente alternada. As tarefas destes planos contemplam medições do isolamento entre fases do motor e registro dos índices de polarização, absorção e índice de envelhecimento conforme norma NBR-5383.

O problema atual é inexistência de uma técnica que, usando os valores medidos, nos dê uma previsibilidade confiável, de quando será necessário realizar a troca do motor e qual o risco submetido ao cancelar uma inspeção preditiva em motores, dado que o tempo de execução de um laudo é fixo de 30 dias.

6.1.2 Justificativa

Existem quatro grandes justificativas para aplicação da análise de degradação em motores de corrente alternada do porte do estudado:

- Parque instalado de motores muito grande;
- Alto tempo necessário para logística de troca;
- Alocação de custos da supervisão ao longo dos anos devido ao alto custo de manutenção em motores;
- Otimização da mão de obra de inspeção e dos planos de manutenção.

Somado aos motivos anteriores, acontecem vários desvios intrínsecos ao negócio "logística" que justifica ter uma previsibilidade grande para motores, dentre eles, a logística operacional do terminal (chuva, quebras, atrasos), priorização da manutenção (alteração de priorização), absenteísmo da equipe, atrasos acumulados em manutenções e ferramenta para coleta.

Outro fator primordial num cenário de austeridade, é saber se é possível priorizar a mão de obra reduzindo o número de inspeções a serem realizadas. Para ter informação para esta tomada de decisão, é necessário realizar o cálculo do risco estatístico de não realização de uma inspeção sistemática.

6.1.3 Benefícios imediatos

Benefícios a serem coletados imediatamente pós estudo:

- Priorização da mão de obra de inspeção mediante grande número de planos de manutenção;
- Previsibilidade de troca dos motores;
- Cálculo da confiabilidade dos motores do transportador da lança dos carregadores de navio CN03 e CN04;
- Possibilidade de otimização da mão de obra reduzindo o número de inspeções, reduzindo custos;

6.1.4 As 5 etapas

Para realizar análise de degradação foi necessário elaborar 5 etapas de implementação, para facilitar entendimento e aplicação, além de padronização de forma de execução. As etapas são:

- Planejamento,
- Coleta de dados,
- Monitoramento,
- Estimação do TTF
- Estimação da confiabilidade.

6.1.4.1 PLANEJAMENTO

O planejamento do estudo foi realizado conforme abaixo:

Tabela 6.1 – Análise de degradação etapa de planejamento

Lista dos ganhos esperados;	- Priorização da mão de obra mediante xxx planos de manutenção; - Previsibilidade de troca dos motores; - Calculo da confiabilidade dos motores de x CV do transportador da lança dos carregadores de navio; - Possibilidade de otimização da mão de obra reduzindo o numero de inspeções, reduzindo custos;
Definição das variáveis a serem medidas;	- Isolamento entre fases em Ohms - Índice de polarização - Índice de absorção
Definição do limite crítico de cada variável;	- Isolamento entre fases em Ohms - 100Mohms - Índice de polarização - classe F - 2,0 - Índice de absorção -
Limites de aplicação (ex.: somente para moteres de corrente continua até 4,16Kv);	- Moteres do transportador da lança CN03 e CN04
Definição de quantidade de pontos de medição;	- 1 ponto de medição - 3 fases
Condições de contorno para coleta (ex.: no máximo até 1 dia de máquina parada ou no mínimo a uma temperatura de 30 graus);	- capturar a temperatura e converter para 40° (R40=K.R(1min.)) - Coletar dados no máximo com 1 de máquina parada - A ser analisada(cont.)
Lista de recursos, materiais, ferramentas e pessoas para coleta;	- 8 homem hora - Equipamento xyz com software SKF xptu
Forma, tempo, duração, local físico da coleta;	- Seguir norma 5383 para medição da resistencia e indices - Devem ser feitas medições em 1min. e 10min. para cada fase
Quantidade de amostras de cada componente de cada fornecedor a serem utilizadas.	- Uma amostra por inspeção
Norma	- NBR 5383

Fonte: Autor(2017)

6.1.4.2 COLETA DE DADOS

As medições de resistência de isolamento e índices de polarização e absorção foram coletadas através de várias ordens de manutenção e registrados na ferramenta de análise de motores.

Quadro 6.1 – Dados de isolamento de motores a serem analisados

TR lança Motor 1 CN04					
Data	29/08/2013	03/10/2014	03/06/2015	01/12/2015	05/09/2016
RTG (Mohm)	6500	12600	10500	9100	8800
DA	1.718	1.592	1.642	1.690	1.738
PI	4.216	9.110	6.692	3.732	6.761

TR lança Motor 3 CN03						
Data	18/11/2011	28/02/2013	03/10/2014	03/06/2015	01/12/2015	05/09/2016
RTG (Mohm)	4000	4100	10200	6200	5100	3500
DA	1.265	1.642	1.567	1.499	1.501	1.569
PI	1.181	4.275	6.884	3.535	2.184	5.079

TR lança Motor 3 CN04					
Data		31/10/2014	03/06/2015	01/12/2015	05/09/2016
RTG (Mohm)		5400	9100	9000	1800
DA		1.668	1.622	1.691	1.169
PI		5.404	6.073	5.830	2.234

Fonte: Autor(2017)

6.1.4.3 MONITORAMENTO

As medições foram registradas e foram validadas pelas analistas em questão.

6.1.4.4 ESTIMAÇÃO DO TTF

Para o cálculo de estimativa do tempo até a falha, será usado o software Weibull++. Seguem os registros das medições no Weibull++.

Figura 6.1 – Dados de isolamento dispostos no Weibull++

	Tempo da Inspeção (Dia)	Medição	Item ID
1	400	12600	TR lança Motor 1 CN04
2	643	10500	TR lança Motor 1 CN04
3	824	9100	TR lança Motor 1 CN04
4	1103	8800	TR lança Motor 1 CN04
5	1050	10200	TR lança Motor 3 CN03
6	1293	6200	TR lança Motor 3 CN03
7	1474	5100	TR lança Motor 3 CN03
8	1753	3500	TR lança Motor 3 CN03
9	215	9100	TR lança Motor 3 CN04
10	396	9000	TR lança Motor 3 CN04
11	675	1800	TR lança Motor 3 CN04

Fonte: Autor(2017)

Para seleção do modelo estatístico da extrapolação, foi realizado o teste SSE, disponível no software, resultando nos modelos abaixo.

Quadro 6.2 – Escolha do melhor modelo de degradação utilizando o Weibull Wizard

	Modelo	SSE	TR lança Motor 1 CN04	TR lança Motor 3 CN03	TR lança Motor 3 CN04
1	Linear	8181130,289	1081936,742	2051459,238	5047734,31
2	Exponencial	17358523,93	797474,3622	588410,2481	15972639,32
3	Potência	23686910,12	265462,2492	158651,9438	23262795,92
4	Logarítmico	11126632,43	399574,6072	1129340,424	9597717,396
5	Gompertz	10404632,51	151018,4393	85084,37822	10168529,69
6	Lloyd-Lipow	15430558,55	176131,1816	492760,3461	14761667,02

	Modelo	Ranque	TR lança Motor 1 CN04	TR lança Motor 3 CN03	TR lança Motor 3 CN04
1	Linear	1	6	6	1
2	Exponencial	5	5	4	5
3	Potência	6	3	2	6
4	Logarítmico	3	4	5	2
5	Gompertz	2	1	1	3
6	Lloyd-Lipow	4	2	3	4

Fonte: Autor(2017)

O melhor modelo para Motor 3 CN04 é o modelo linear e para os motores 3 CN03 e motor 1 CN04 é o modelo de Gompertz.

Através do método da máxima verossimilhança, os parâmetros dos modelos foram calculados e o resultado é mostrado abaixo:

Quadro 6.3 – Parâmetros da função de degradação

Relatório de Resultados Simplificado				
Tipo de Relatório	Resultados Aderência da Degradação			
Informações do Usuário				
Nome:	Wagner Alves Silva			
Empresa:	vale			
Data:	14/10/2016			
Parâmetros				
Item ID	Parâmetro a	Desvio-Padrão - a	Parâmetro b	Desvio-Padrão - b
TR lança Motor 1 CN04	-5,482	1,432	1,43E+04	1,13E+03
TR lança Motor 3 CN03	-9,223	1,972	1,91E+04	2,79E+03
TR lança Motor 3 CN04	-16,713	6,856	1,38E+04	3,21E+03

Fonte: Autor(2017)

Com os parâmetros calculados e o limite crítico da resistência de isolamento configurado para 100Mohms, consegue-se extrapolar o tempo até cada motor chegar em 100Mohms, como mostrado a seguir.

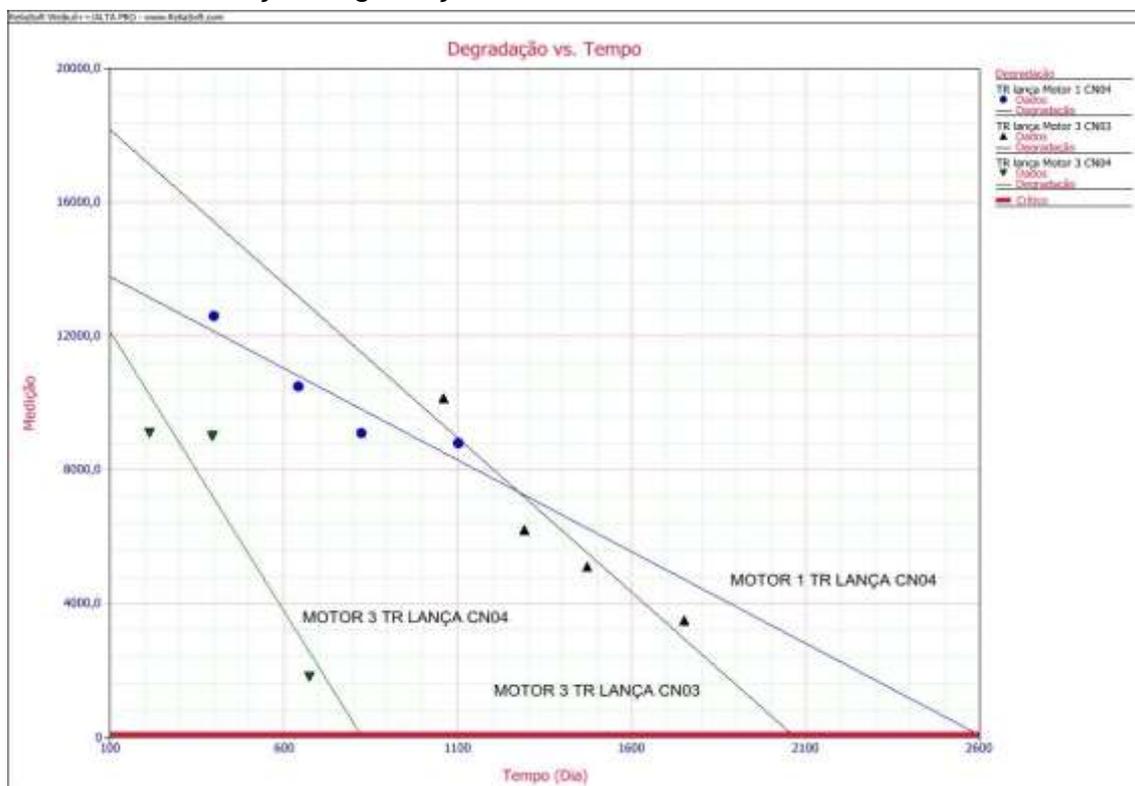
Quadro 6.4 – TTF estimado para os motores dos carregadores de navio 3 e 4.

Dados Brutos			
Número do Item	Condição F ou S	Tempo até F ou S	Subconjunto ID 1
1	F	819,5844305	TR lança Motor 3 CN04
2	F	2059,341492	TR lança Motor 3 CN03
3	F	2594,015247	TR lança Motor 1 CN04

Fonte: Autor(2017)

O gráfico a seguir mostra as medições de cada motor, a curva ajustada dos modelos estatísticos calculados, o limite crítico em vermelho em 100Mohms e a extrapolação de tempo até a falha.

Gráfico 6.1 – Função de degradação do isolamento dos motores



Fonte: Autor(2017)

6.1.4.5 ESTIMAÇÃO DA CONFIABILIDADE

Com os tempos extrapolados até a falha, podemos tomar, de acordo com a teoria de degradação não destrutiva previamente descrita, os tempos até a falha como os TTFs esperados. Com estes pontos, calcularemos a confiabilidade dos motores dos carregadores de navio 3 e 4.

Para encontrar o melhor modelo de distribuição de vida dos motores, há necessidade de realização de 3 testes que estão além do objetivo deste trabalho, são eles, método de aderência kolmogorov-smirnov, testa hipótese nula de que a população realmente segue distribuição normal através da diferença das CDFs da distribuição normal e a função desejada, como *Weibull*, exponencial, etc. Se este valor estiver dentro da significância a hipótese nula é aceita.

Outro método é o *adherence value plot*, gráfico de aderência AVPLOT, que é o resultado da regressão linear. A soma da diferença entre a amostra e o calculado e entre o calculado e a amostra é o resultado do AVPLOT.

Por fim é feito o teste analítico do cálculo da razão da verossimilhança, MLE.

Quadro 6.5 – Modelos de dados de vida priorizados para estimação da pdf

	Distribuição	AVGOF	AVPLOT	LKV		Distribuição	RAVGOF	RAVPLOT	RLKV	DESV
1	Exponencial-1P	0,0153946601	12,23800075	-25,52687746	1	Exponencial-1P	8	8	10	900
2	Exponencial-2P	0,2814579476	15,0149482	-23,73742027	2	Exponencial-2P	10	10	2	600
3	Normal	5,16E-08	6,02447202	-24,1980181	3	Normal	1	1	5	300
4	Lognormal	0,0001599056312	8,11503943	-24,47183577	4	Lognormal	6	3	8	670
5	Weibull-2P	7,51E-06	10,91405233	-24,02865336	5	Weibull-2P	4	7	4	430
6	Weibull-3P	Descartar	Descartar	Descartar	6	Weibull-3P	Descartar	Descartar	Descartar	Descartar
7	Gama	0,002700949	10,80332534	-24,22519168	7	Gama	7	6	6	640
8	Gama-G	0,1965183058	14,42728412	-22,88537634	8	Gama-G	9	9	1	500
9	Logística	7,31E-08	7,955986613	-24,24905935	9	Logística	3	2	7	490
10	Loglogística	8,90E-06	8,984456286	-24,51750092	10	Loglogística	5	5	9	700
11	Gumbel	5,52E-08	8,627761136	-23,87743442	11	Gumbel	2	4	3	270

Fonte: Autor(2017)

O peso de cada teste é mostrado a seguir para escolha da melhor distribuição.

Figura 6.2 – Peso dos testes de aderência

Fonte: Autor(2017).

A tabela a seguir nos mostra quais são os melhores modelos de ajuste dos dados. A melhor distribuição ranqueada através dos métodos apresentados é o modelo de Gumbel. Depois dela é a Normal e assim por diante. Os parâmetros de cada distribuição são mostrados também abaixo:

Quadro 6.6 – Distribuições ranqueadas e seus parâmetros

Ordem da Matriz:		Início Exponencial-1P	Início Exponencial-2P
Distribuição	Ranqueando	Lambda=0,000548151333470646	Lambda=0,000995292968341753
		Terminado Exponencial-1P	Gama=819,584430537243
Gumbel	1	Início Normal	Início Lognormal
Normal	2	Média=1824,31372312542	LMédia=7,39996706965368
Weibull-2P	3	DesvioP=910,263544021668	LDesvioP=0,609595080457524
Logística	4	Início Weibull-2P	Início Gama
Gama-G	5	Beta=2,816559971854	Mu=5,95127230144221
Exponencial-2P	6	Eta=2057,00320114217	K=4,74782623635726
Gama	7	Início Gama-G	Início Logística
Lognormal	8	Média=7,86075965728354	Mu=1892,89521534332
Loglogística	9	DesvioP=0,00921990363402401	Sigma=456,469001649564
Exponencial-1P	10	Lambda=50	
		Início Loglogística	Início Gumbel
		Mu=7,46216636663537	Mu=2174,28458425572
		Sigma=0,30390611988405	Sigma=569,297577662913

Fonte: Autor(2017)

Com a distribuição escolhida, basta escolher o nível de confiança e calcular a confiabilidade para o tempo que for necessário. A distribuição gumbel com os parâmetros media = 2174,3 e sigma= 569,3, chegamos aos resultados abaixo:

Quadro 6.7 – Confiabilidade dos motores para vida remanescente

Nível de confiança	0,8	Risco	0,2
---------------------------	-----	--------------	-----

	Tempo de uso atual	Dias ate a falha	Confiabilidade	Risco
TR lança Motor 3 CN04	675	134	96,3%	4%
TR lança Motor 3 CN03	1753	306	53,2%	47%
TR lança Motor 1 CN04	1103	1491	1,8%	98%

Fonte: Autor(2017)

Para o processo tomar a melhor decisão sobre cancelar planos de inspeção e priorização, foi realizado a tabela abaixo:

Quadro 6.8 – Forecast de confiabilidade para os próximos 30 dias.

		Risco do motor atingir 100MOhms nos proximos dias											
		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
TR lança Motor 3 CN04	1 ano	0,8%	1,6%	2,4%	3,2%	4,1%	5,0%	5,9%	6,9%	7,9%	8,9%	9,9%	11,0%
	2 ano	12,1%	13,2%	14,4%	15,6%	16,8%	18,1%	19,4%	20,8%	22,1%	23,6%	25,0%	26,6%
TR lança Motor 3 CN03	1 ano	4,4%	8,9%	13,4%	18,0%	22,7%	27,3%	32,0%	36,7%	41,3%	45,9%	50,3%	54,7%
	2 ano	59,0%	63,1%	67,1%	70,8%	74,4%	77,7%	80,8%	83,7%	86,2%	88,5%	90,6%	92,4%
TR lança Motor 1 CN04	1 ano	1,4%	2,8%	4,3%	5,8%	7,3%	9,0%	10,6%	12,3%	14,1%	15,9%	17,8%	19,7%
	2 ano	21,7%	23,7%	25,8%	27,9%	30,2%	32,4%	34,7%	37,1%	39,5%	42,0%	44,5%	47,1%

Fonte: Autor(2017)

6.1.5 Conclusão

Para elaboração deste trabalho foi criado etapas de implementação de um estudo de degradação. O conteúdo e explicação de toda a técnica de degradação está no estudo completo. O que foi apresentado neste trabalho foram os resultados obtidos.

O trabalho foi desenvolvido para calcular o tempo até a falha esperado para os motores dos carregadores de navio CN04 e CN04 do Terminal de Tubarão.

O motor 03 do CN04 terá mais 134 dias antes de chegar a 100Mohms sendo o primeiro a ser priorizado para troca. Após troca do motor 03, o motor 03 CN03 deverá ser trocado em sequência e depois o motor 1 CN04.

O nível de risco associado a cada intervalo sem troca é inteira responsabilidade do processo inspecionar manutenção.

A inspeção pode ser otimizada, dado que o motor 1 CN04 demora 1491 dias até o limite crítico, podendo passar o plano de 6 meses para 1 ano, otimizando mão de obra de inspeção.

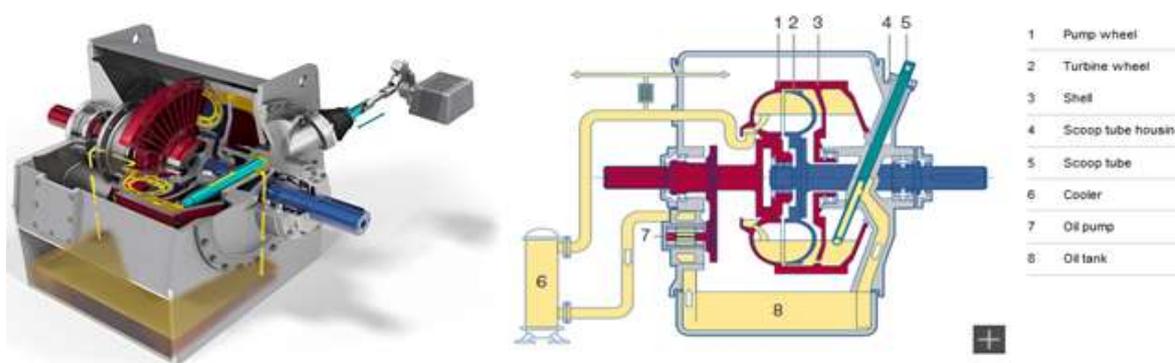
O tempo médio de vida dos motores foi de 6 anos, o que chamou muito a atenção.

Outra conclusão foi que é necessário padronizar urgentemente as coletas de dados de motores. O mesmo local, normalizar resistência para temperatura de norma e padronizar o dia de coleta.

6.2 REGULAGEM DOS PESCADORES 1 E 2 DO ACOPLAMENTO VARIÁVEL DO TRANSPORTADOR TRTC04 DE GRANEL SÓLIDO DO TERMINAL DE PRAIA MOLE USANDO A TÉCNICA DE DELINEAMENTO DE EXPERIMENTOS DOE

O transportador TC04 possui 2 acionamentos, sendo motor 1 de 500CV e motor 2 de 250CV e 2 acoplamentos variáveis que contem 1 pescador cada, que tem como função limitar a quantidade de óleo a ser transferida da parte rotórica para turbina do acoplamento.

Figura 6.3 – Acoplamento variável mostrando o acionamento do pescador via motor.



Fonte: Vale, relatório de falha.

O acoplamento 1 é 750SVNLII e do acionamento 2 é o 650SVNLII com uma câmara de retardo a menos que o do motor 1.

6.2.1 Problema

Desarmes constantes dos reles de proteção devido à alta corrente provocada pela configuração inadequada dos pescadores dos acoplamentos variáveis.

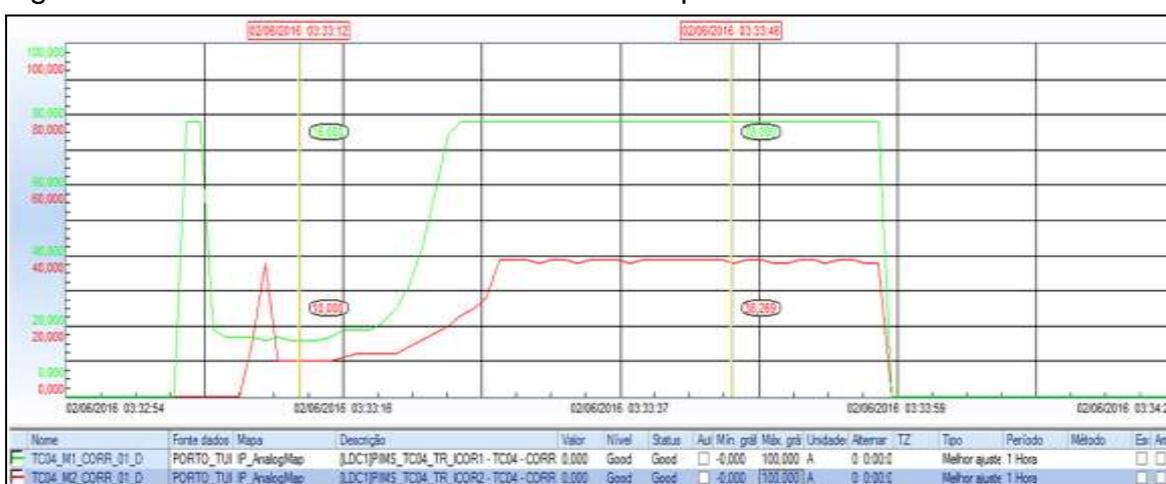
6.2.2 Delineamento

Um experimento é uma série de testes conduzido de uma forma sistemática, para aumentar a compreensão de um processo existente ou para explorar um novo produto ou processo.

Os 2 pescadores necessitam de configuração adequada para um funcionamento perfeito do acoplamento. Através do DOE foi elaborado o planejamento de um experimento para dizer qual a melhor configuração dos 2 pescadores levando em consideração os fatores abaixo.

O gráfico a seguir mostra o nível de corrente alto após a acoplagem e mostra o motor 1 sobrecarregado em relação em ao motor 2 revido a inclinação da elevação de sua corrente.

Figura 6.4 – Corrente do Motor 1 e do motor 2 quando ocorre falha



Fonte: Autor(2017)

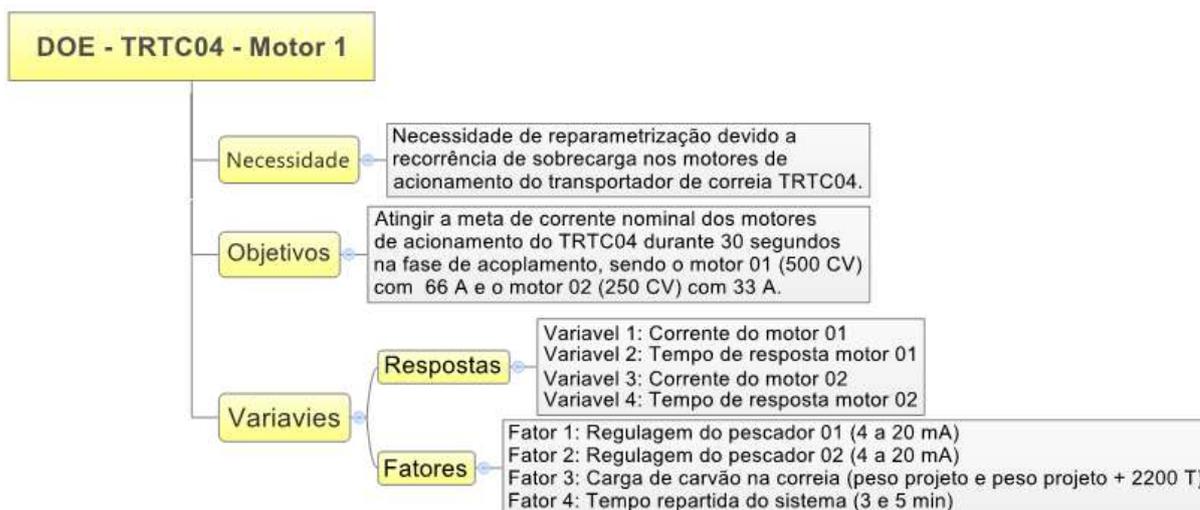
O problema do transportador se deve a sobrecarga no motor 1 detectada pelo relé de proteção 825-P. O código de falha JAM, se deve a permanência da corrente elétrica por mais de 30 segundos acima de 25% da corrente nominal, ou seja, 2 respostas, tempo e nível de corrente.

A resposta de corrente depende de 2 fatores básicos que é a posição do pescador 1 e a posição do pescador 2. Para saber a melhor configuração dos dois pescadores, necessitamos utilizar um experimento e utilizar técnicas estatísticas para determinar a melhor configuração.

Com estes problemas o experimento foi planejado.

6.2.3 Etapas do delineamento

Figura 6.5 – Delineamento de experimento TC04



Fonte: Autor(2017)

6.2.3.1 Fatores

Em conversas com os especialistas, os fatores levantados influenciam a corrente e o tempo de permanência em nível alto. Todos os fatores possuem 2 níveis. Fatores 1, 2 e 3 são quantitativos, enquanto que o fator 4 é qualitativo pois o relé de proteção somente há ajuste para 2 níveis de tempo entre repartidas do transportador.

6.2.3.2 Planejamento do experimento

O experimento foi elaborado com os dois pescadores na posição fechada de 4mA e uma carga de 0 toneladas. Após este teste é anotada as correntes dos motores e o tempo de acoplamento.

Após este teste varia a carga e os testes são refeitos, registrando as respostas conforme tabela abaixo:

Quadro 6.9 – Delineamento planejado e pronto para realização de testes

Ordem Padrão	A:Regulagem _pesc_1 (mA)	B:Regulagem _pesc_2 (mA)	C:car ga (T)	Corrente Motor 1 (A)	Tempo de resposta Motor 1 (s)	Corrente Motor 2 (A)	Tempo de resposta Motor 2 (s)
1	4	4	0				
2	4	4	2200				
3	4	20	0				
4	4	20	2200				
5	20	4	0				
6	20	4	2200				
7	20	20	0				
8	20	20	2200				

Fonte: Autor(2017)

Os teste continuam até preencher toda a tabela.

6.2.4 Conclusão

Infelizmente não ocorreu a parada de manutenção há tempo neste trabalho para realização dos testes e aplicação do modelo e ajustes de configuração esperados.

6.3 ESPECIFICAÇÃO DA CONFIABILIDADE PARA ALIMENTADORES MÓVEIS DE FERTILIZANTES

Utilizando a técnica de otimização da confiabilidade e confiabilidade de sistemas, foi elaborado um estudo de especificação da confiabilidade para suportar o aumento de 5% do MTBF dos alimentadores de fertilizante.

6.3.1 Problema

O cliente necessita aumentar 5% de MTBF para os alimentadores de fertilizante. O problema está em saber qual o valor de confiabilidade necessário para cada sistema de cada alimentador de fertilizante. O mais difícil é saber qual modo de falha gastar mais energia e menor custos para atingirmos os mesmos 5% de MTBF do sistema.

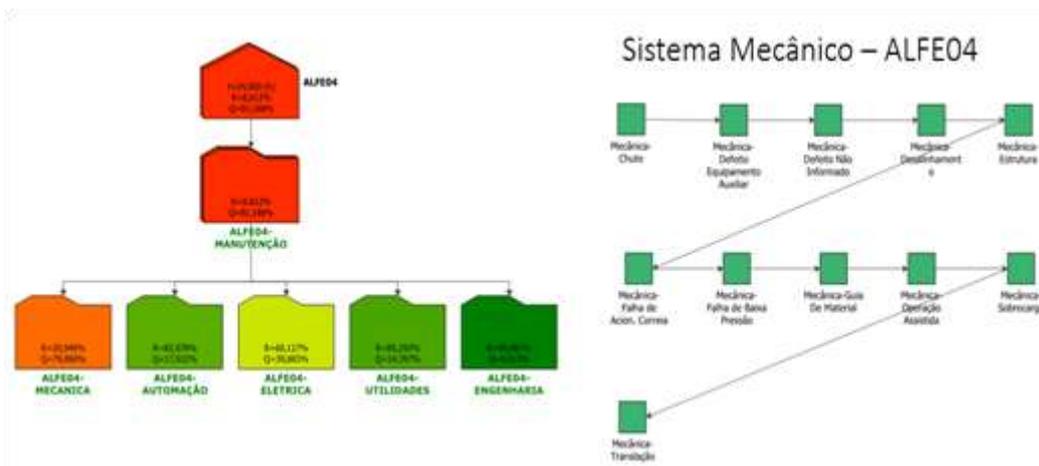
6.3.2 Etapas

A seguir serão mostradas as etapas de cálculo de estimação de confiabilidade.

6.3.2.1 Análise de Confiabilidade dos ALFES

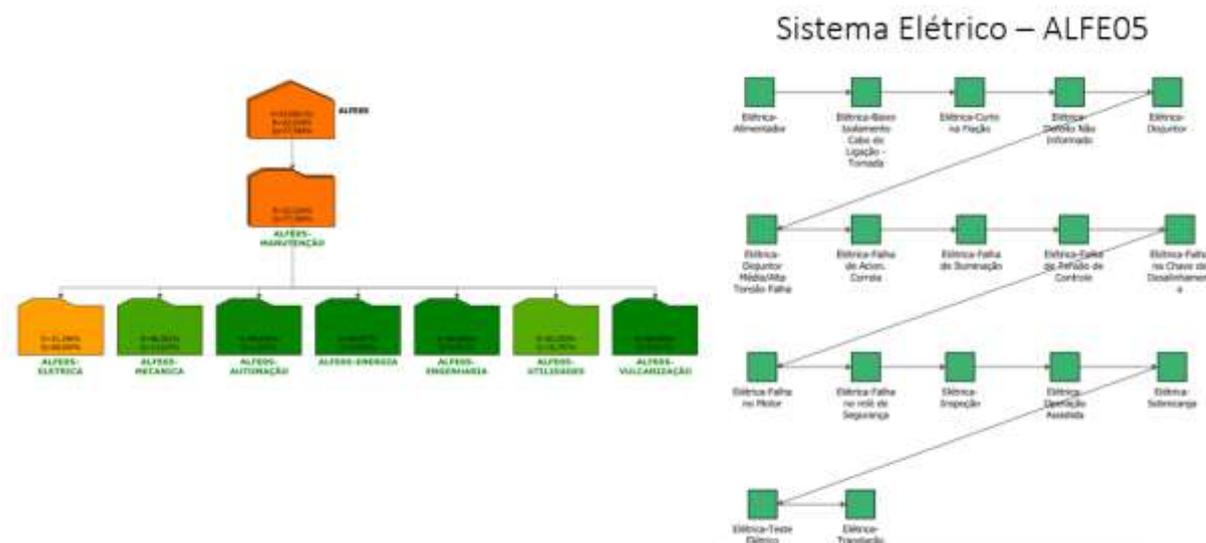
Após modelagem RBD dos sistemas e modos de falha de cada ativo.

Figura 6.6 – RBD do alimentador de fertilizante 04.



Fonte: Autor(2017)

Figura 6.7 – RBD do alimentador de fertilizante 05.



Fonte: Autor(2017), telas do blocksim versão 11 da Reliasoft.

O ALFE04 tem 8,81% de confiabilidade para 24h de operação com o sistema mecânico sendo o ofensor com 21% de confiabilidade. O ALFE05 está com 22% de confiabilidade para as mesmas 24h de operação e o sistema ofensor é o sistema elétrico com 31%.

6.3.2.1.1 Vida média

As vidas medias dos alimentadores foram 32,4h para o ALFE05 com 19,23% de confiabilidade e 11,78H para o ALFE04 com 12,61% de confiabilidade para este tempo.

Figura 6.8 – Vida média dos alimentadores de fertilizante



Fonte: Autor(2017).

O estudo precisa aumentar o MTBF em 5% sendo que o objetivo então do ALFE5 para a ser MTBF=33,99h para as mesmas 19,23% de confiabilidade e do ALFE04 passa a ser MTBF=12,37h para as mesmas 12,61% de confiabilidade.

6.3.2.1.2 Forecast de confiabilidade dos ALFEs e de cada sistema

Quadro 6.9 – Forecast de confiabilidade para os alimentadores 4 e 5

		Forecast - Probabilidade de falha a cada horas:								
		0,5	1	5	12	24	36	48	60	72
Ativos										
ALFE04		72,1%	74,9%	82,7%	87,5%	91,2%	93,2%	94,5%	95,4%	96,1%
ALFE05		53,4%	55,7%	64,3%	71,2%	77,8%	81,8%	84,7%	86,8%	88,5%

		Forecast - Probabilidade de falha a cada horas:								
		0,5	1	5	12	24	36	48	60	72
ALFE04	ELÉTRICA	25,9%	27,3%	31,8%	35,7%	39,9%	42,9%	45,4%	47,4%	49,2%
	MECÂNICA	60,7%	63,2%	70,2%	75,0%	79,1%	81,5%	83,3%	84,7%	85,8%
	AUTOMAÇÃO	1,8%	2,9%	8,1%	12,9%	17,9%	21,4%	24,0%	26,2%	28,1%
	UTILIDADES	2,4%	3,3%	7,2%	10,7%	14,7%	17,6%	20,0%	22,0%	23,8%
	ENGENHARIA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

		Forecast - Probabilidade de falha a cada horas:								
		0,5	1	5	12	24	36	48	60	72
ALFE05	ELÉTRICA	50,8%	52,4%	58,3%	63,4%	68,7%	72,2%	74,8%	77,0%	78,7%
	MECÂNICA	2,0%	2,7%	6,0%	9,5%	13,6%	16,8%	19,5%	21,8%	23,9%
	AUTOMAÇÃO	0,0%	0,0%	0,2%	0,6%	1,3%	2,1%	2,9%	3,6%	4,3%
	UTILIDADES	3,3%	4,4%	8,8%	12,7%	16,8%	19,8%	22,1%	24,1%	25,9%
	ENGENHARIA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	ENERGIA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%
	VULCANIZAÇÃO	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Fonte: Autor(2017).

6.3.2.1.3 Vida média dos sistemas.

Quadro 6.10 – Vida média dos sistemas

	MBTF (Vida média)		Risco
	ALFE04	ELÉTRICA	677,1
MECÂNICA		98,7	87,7%
AUTOMAÇÃO		83527,7	94,4%
UTILIDADES		2165,5	75,9%
ENGENHARIA		186129,7	63,2%

	MBTF (Vida média)		Risco
	ALFE05	ELÉTRICA	102,1
MECÂNICA		1567,8	74,9%
AUTOMAÇÃO		11027,3	75,5%
UTILIDADES		2598,5	77,2%
ENGENHARIA		209847,4	63,2%
ENERGIA		104923,7	63,2%
VULCANIZAÇÃO		209850,3	63,2%

Fonte: Autor(2017).

6.3.2.2 Especificação da confiabilidade para cada sistema

A partir das análise anteriores traçamos a estimação da confiabilidade para cada sistema e modo de falha dos ALFEs de acordo com o aumento de 5% dos MTBFs. O resultado de confiabilidade de cada sistema é apresentado abaixo.

O trabalho completo mostra todos os sistemas, mas para este trabalho só foi desdobrado o sistema mecânico para o ALFE04 e o sistema elétrico para o ALFE05 pois eles que foram os ofensores destes ativos.

Nome do Bloco	Confiabilidade Atual	Confiabilidade Alvo
ALFE04-ENGENHARIA	0,999934	0,661010
ALFE04-UTILIDADES	0,891090	0,661010
ALFE04-AUTOMACÃO	0,869047	0,661010
ALFE04-ELETRICA	0,641498	0,661010
ALFE04-MECANICA	0,248647	0,661010

Nome do Bloco	Confiabilidade Atual	Confiabilidade Alvo
ALFE05-VULCANIZAÇÃO	1,000	0,790
ALFE05-ENERGIA	1,000	0,790
ALFE05-ENGENHARIA	1,000	0,790
ALFE05-AUTOMACÃO	0,980	0,790
ALFE05-MECANICA	0,836	0,790
ALFE05-UTILIDADES	0,807	0,790
ALFE05-ELETRICA	0,283	0,790

Nome do Bloco	Confiabilidade Atual	Confiabilidade Alvo
Mecânica-Translação	0,999934	0,963064
Mecânica-Defeito Equipamento Auxiliar	0,999914	0,963064
Mecânica-Guia De Material	0,999544	0,963064
Mecânica-Defeito Não Informado	0,986265	0,963064
Mecânica-Falha de Baixa Pressão	0,975430	0,963064
Mecânica-Desalinhamento	0,964265	0,963064
Mecânica-Chute	0,907793	0,963064
Mecânica-Estrutura	0,863740	0,963064
Mecânica-Sobrecarga	0,818021	0,963064
Mecânica-Operação Assistida	0,748011	0,963064
Mecânica-Falha de Acion. Correia	0,559008	0,963064

Nome do Bloco	Confiabilidade Atual	Confiabilidade Alvo
Elétrica-Operação Assistida	1,000	0,986
Elétrica-Alimentador	1,000	0,986
Elétrica-Teste Elétrico	1,000	0,986
Elétrica-Falha no relé de Segurança	1,000	0,986
Elétrica-Falha de Tensão de Controle	1,000	0,986
Elétrica-Disjuntor	1,000	0,986
Elétrica-Curto na Fiação	0,990	0,986
Elétrica-Falha de Acion. Correia	0,990	0,986
Elétrica-Translação	0,970	0,986
Elétrica-Falha na Chave de Desalinhamento	0,965	0,986
Elétrica-Defeito Não Informado	0,961	0,986
Elétrica-Baixo Isolamento Cabo de Ligação - Tomada	0,958	0,986
Elétrica-Falha no Motor	0,936	0,986
Elétrica-Disjuntor Média/Alta Tensão Falha	0,915	0,986
Elétrica-Sobrecarga	0,912	0,986
Elétrica-Inspeção	0,771	0,986
Elétrica-Falha de Iluminação	0,557	0,986

Fonte: Autor(2017).

6.3.3 Conclusão

Foi visto neste estudo que o ALFE05 tem quase o dobro de confiabilidade que o ALFE04 e há a necessidade de padronizarmos a forma de trabalho para termos equilíbrio das máquinas.

Também foi detectado que o sistema mecânico no ALFE04 está com uma confiabilidade muito baixa enquanto que no ALFE05 é o sistema elétrico.

Ficará a cargo de cada engenheiro de cada máquina, utiliza técnicas RCA para detecção de causas raízes destes sistemas para atingimento das metas propostas.

Planos de inspeção e manutenção serão adequadas às medias calculadas e em conjunto analisaremos o risco associado de realizar manutenção na média estatística.

6.4 ANÁLISE DE FOLGA DE BUCHA EM EIXOS ATÉ 125MM NO TERMINAL PORTUARIO DE PRAIA MOLE

O Terminal de Praia Mole situado no complexo de Tubarão sofre com um modo de falha crônico que são folgas de bucha de rolamentos em mancais de correias transportadoras.

6.4.1 Problema

Foi solicitado um estudo para detecção da causa raiz das falhas de 2011 a 2016 e ações de melhoria. Os passos da análise serão:

- Realizar estudo do macroprocesso de falha
- Estudo de confiabilidade da folga de bucha
- Realizar FMECA e RCA (root cause analysis) explicitando em uma FTA

6.4.2 Etapas

A seguir serão apresentadas as etapas que foram feitas.

6.4.2.1 Análise do Macroprocesso de falha

Esta etapa inclui o estudo do comportamento da falha, em termos de abrangência, quais correias transportadoras foram afetadas pela falha, enfim, vários aspectos que não é foco deste trabalho ilustrar, mas todos os aspectos estão no trabalho desenvolvido pelo autor para a empresa e o resultado do estudo é:

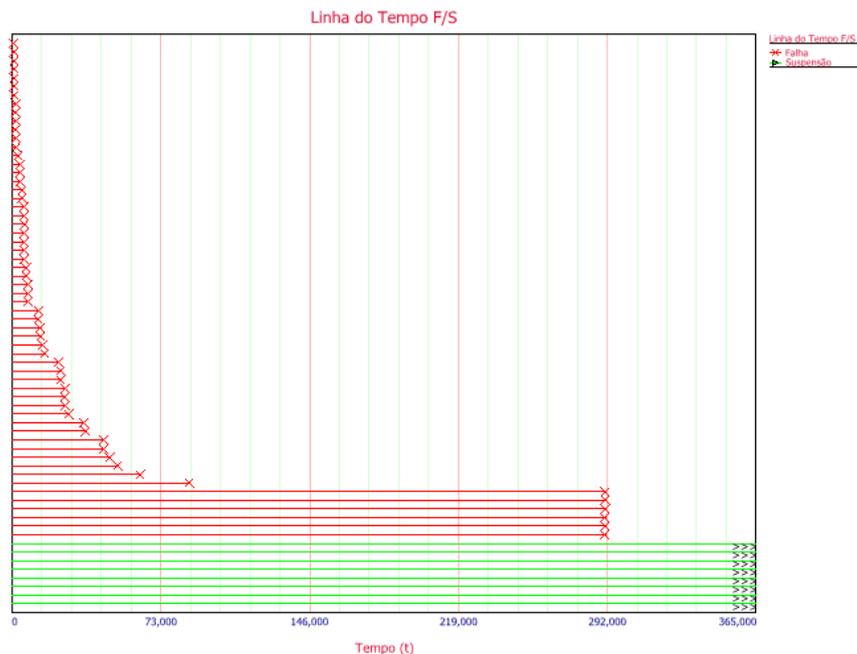
- O terminal com maior caso de folga de bucha é Praia Mole;
- As falhas de folga se concentram em tambores de desvio, 72% e traseiro, 18%;
- A grande maioria dos problemas ocorrem em transportadores, cerca de 80% e empilhadeira 11%;

- Aumento significativo de folga de bucha após 2014 nos dois terminais TPD e TPM;
- A técnica mais eficaz na detecção da falha é o ultrassom seguido por vibração;
- Em Praia mole, a linha 2 se destaca em relação as outras linhas 1 e 3;
- Linha 2: TC11 e TC02 correspondem 69% dos problemas da linha 2;
- Linha 1: TC17 e TC07 correspondem 54% dos problemas da linha 1;
- Linha 3: TC06 e TC03 correspondem 72% dos problemas da linha 3;
- Individualmente os equipamentos mais preocupantes são, TC02, TC06, EP05 e TC11 que juntos representam 35% do total;
- Os maiores problemas, cerca de 80% se encontram em eixos menores que 125mm;
- 87% dos problemas estão em eixos de tamanhos, 75,90,100,125 e 170mm.

6.4.2.2 Estudo de confiabilidade da folga de bucha

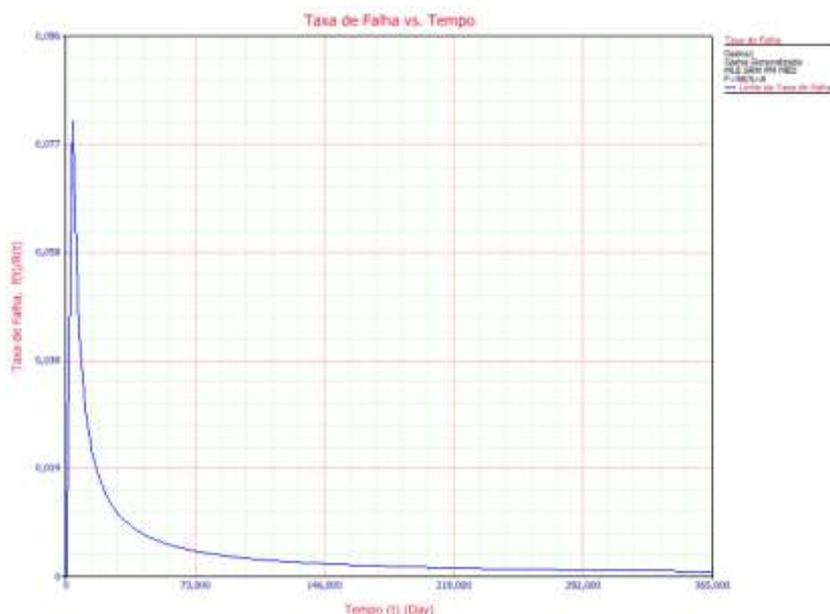
Após estudo do macroprocesso de falha, necessitamos conhecer o comportamento da taxa de falha do modo de falha bucha folgada.

O estudo levou em consideração os ativos que não falharam (verde), como suspensão.



Fonte: Autor(2017).

Após análise estatística, verificou-se a predominância de comportamento prematuro de falha, comprovado pelo gráfico da taxa de falha, nos indicando falha em projeto, montagem, manutenção mal feita ou qualquer desvio que provoque um comportamento prematuro de falha.



Fonte: Autor(2017).

Neste caso, há a necessidade de realização de análise mais profunda, para tentar encontrar a(s) causa(s) raiz(es) de falha. Usaremos 2 técnicas de análise

qualitativa de falha FMECA – Failure modes, effects and criticality analysis e FTA Fault tree analysis – FTA.

A FMECA entrega as causas e efeitos de falha e calcula a criticidade da falha de acordo com a norma MIL-1629A

A FTA entrega a correlação entre as causas para gerar o modo de falha e seus efeitos.

Mas mesmo sem conhecer as causas raízes o PCM foi norteado sobre a necessidade de inspeção e abertura de manuais dos transportadores seguindo o critério estatístico abaixo:

	2016	2017											
	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
TRTC01	15,54%	30,31%	44,36%	57,76%	70,56%	82,80%	94,53%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
TRTC02	26,21%	50,27%	72,46%	93,03%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
TRTC03	23,73%	45,68%	66,08%	85,10%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
TRTC04	19,68%	38,42%	56,31%	73,40%	89,75%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
TRTC05	49,87%	94,88%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
TRTC06	51,50%	97,27%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
TRTC07	38,66%	73,62%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
TRTC08	19,66%	38,32%	56,07%	72,99%	89,14%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
TRTC09	19,13%	37,32%	54,64%	71,17%	86,97%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
TRTC10	6,89%	13,55%	19,99%	26,22%	32,26%	38,11%	43,79%	49,30%	54,66%	59,86%	64,92%	69,85%	74,65%
TRTC11	63,77%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
TRTC12	20,56%	38,10%	53,32%	66,71%	78,62%	89,32%	99,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
TRTC13	28,11%	54,22%	78,56%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
TRTC14	6,42%	12,52%	18,33%	23,87%	29,16%	34,23%	39,08%	43,74%	48,21%	52,51%	56,66%	60,65%	64,50%
TRTC15	54,04%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
TRTC16	2,58%	5,08%	7,49%	9,83%	12,10%	14,29%	16,42%	18,49%	20,50%	22,45%	24,35%	26,19%	27,99%
TRTC17	13,68%	25,17%	35,00%	43,56%	51,10%	57,83%	63,88%	69,37%	74,38%	78,98%	83,22%	87,16%	90,82%
TRTC18	2,58%	5,08%	7,49%	9,83%	12,10%	14,29%	16,42%	18,49%	20,50%	22,45%	24,35%	26,19%	27,99%
TRTC19	23,17%	44,97%	65,53%	84,98%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
TRTC20	12,92%	25,40%	37,47%	49,16%	60,48%	71,46%	82,10%	92,44%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
TRTC21	6,03%	11,85%	17,49%	22,94%	28,22%	33,35%	38,32%	43,14%	47,82%	52,38%	56,81%	61,12%	65,31%
TRTC27	9,30%	18,04%	26,29%	34,09%	41,48%	48,50%	55,17%	61,54%	67,61%	73,42%	78,99%	84,32%	89,44%
TRTC28	2,58%	5,08%	7,49%	9,83%	12,10%	14,29%	16,42%	18,49%	20,50%	22,45%	24,35%	26,19%	27,99%
EP05	47,19%	89,25%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
EP06	13,78%	27,09%	39,97%	52,44%	64,51%	76,22%	87,58%	98,60%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
EP07	34,80%	66,74%	96,23%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
RC06	4,31%	8,47%	12,49%	16,39%	20,16%	23,82%	27,37%	30,81%	34,16%	37,41%	40,58%	43,66%	46,65%
RC07	11,45%	22,18%	32,27%	41,79%	50,78%	59,30%	67,39%	75,08%	82,42%	89,41%	96,11%	100,00%	100,00%
CV01	8,67%	16,41%	23,39%	29,73%	35,53%	40,85%	45,77%	50,34%	54,59%	58,57%	62,30%	65,80%	69,11%

Fonte: Autor(2017).

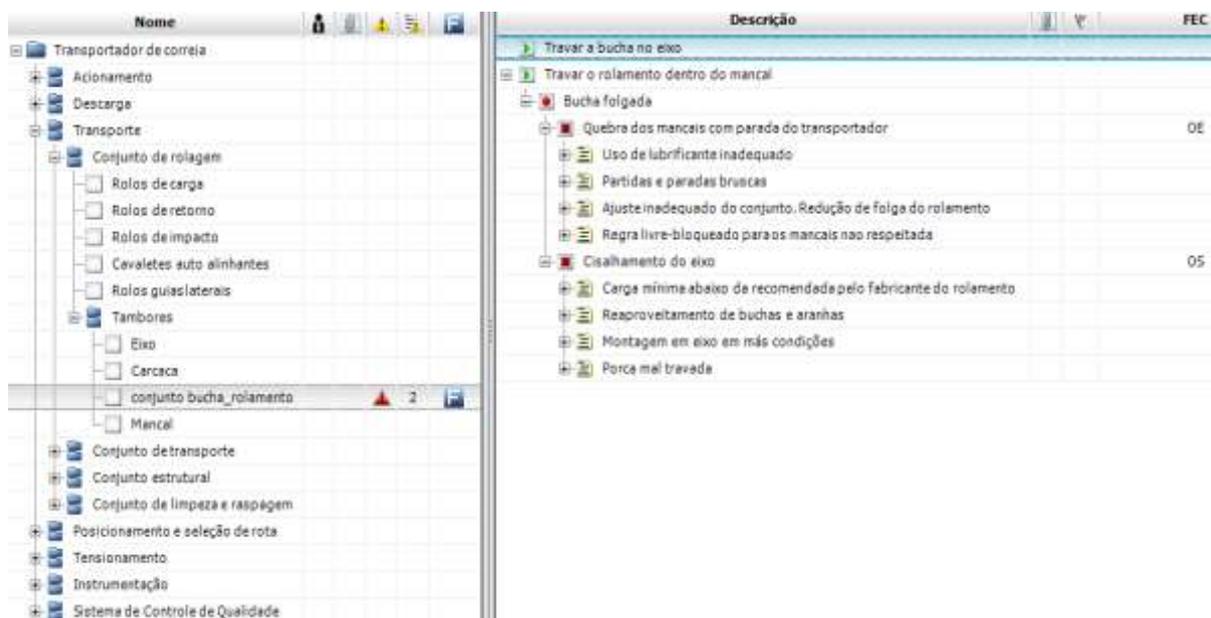
Os ativos que tiver mais chance de falha devem ser priorizados para receber manutenções ou inspeções preditivas.

6.4.2.3 FMECA e RCA explicitando em uma Fault Tree Analysis FTA

Foi iniciado o *Failure mode, effects and criticality analysis* FMECA do modo de falha bucha folgada servindo de exemplo para os próximos estudos referentes a FMEA no Terminal. A norma MIL-1629A foi escolhida como fonte normativa oficial para FMECAs.

Primeiramente cadastramos no software RCM++ as funções, falhas funcionais, efeitos e causas.

Iniciamos então o FMECA realmente dito e realizamos reuniões com especialistas internos e externos.



Fonte: Autor(2017).

O resultado do FMECA foi registrado no RCM++ conforme abaixo:

Tipo de Análise		ANÁLISE DOS EFEITOS DOS MODOS DE FALHA (FMEA)				Página		25 of 1		
FMEA		com junto: bucha_rolamento								
Item		1.3.1.5.3 - conjunto bucha_rolamento								
Descrição do Produto		Ano/Programa do Modelo		Responsabilidade		Data Início		Responsável pela Conclusão		
Equipe Principal								Data Chave		
Outras Pessoas Envolvidas								FMEA - Data Planejada		
Equipe de Suporte								Aprovado por		
								Data de Aprovação		
Função	Modo de Falha	Prob. de Falha	Clas. Severidade	Efeitos Locais	Nível Superior Posterior	Efeitos Finais	Causas	Método de Detecção de Falha	Ações para Mitigação dos Efeitos	Descrição de Causa Definida pelo Usuário
Travar o rolamento dentro do mancal	Bucha folgada	Nível - Razoavelmente Provável	Categoria - Crítica	Deslocamento do conjunto bucha_rolamento	Sobreaquecimento de graxa nos mancais	Quebra dos mancais com parada do transportador	Uso de lubrificante inadequado		Inserir no PRO de montagem um referente ao lubrificante a ser utilizado, baseado no indicado de acordo com o fabricante do rolamento	Se for usado lubrificante inadequado pode-se aumentar a resistência ao giro e o corre o atrito do anel interno. O fabricante do rolamento é quem indica o lubrificante a ser usado para cada tipo de rolamento e aplicação.
							Partidas e paradas bruscas		Replicar check list da oficina para as equipes de manutenção	A aceleração e desaceleração bruscas fora do normal pode provocar o giro do anel interno do rolamento, da bucha e porca. Se certificar que o tratamento com aranha ou trava M5 esteja adequado.
							Ajuste inadequado do conjunto, Redução de folga do rolamento	Não oficina existe check list de acabamento e entrega seguindo o o parâmetro de acabamento e entrega especificamente	Repetir check list da oficina para as equipes de manutenção	Ajuste inadequado do conjunto, redução de folga de rolamento sem seguir critérios técnicos de montagem. Se apertar porca, a bucha gira por falta de aperto. Se apertar muito, reduzido o alinhamento a folga residual, esse rolamento pode travar quando em operação pelo aquecimento, sem é claro, da redução da sua vida útil.
	Regra livre-bloqueado para os mancais não respeitada							Inserir no O.M de montagem do elemento do tambor o desenho de tanto e e e indicar todo bloqueado e todo livre	Essa regra de respeito a situação de montagem dos do mancal. Em regra geral o rolamento deve estar bloqueado lateralmente (rolamento sem folga axial na caixa) do lado do acionamento e deve estar livre axialmente do lado oposto. Isso se for necessário devido à variação dimensional do eixo, em função da variação de temperatura de trabalho.	

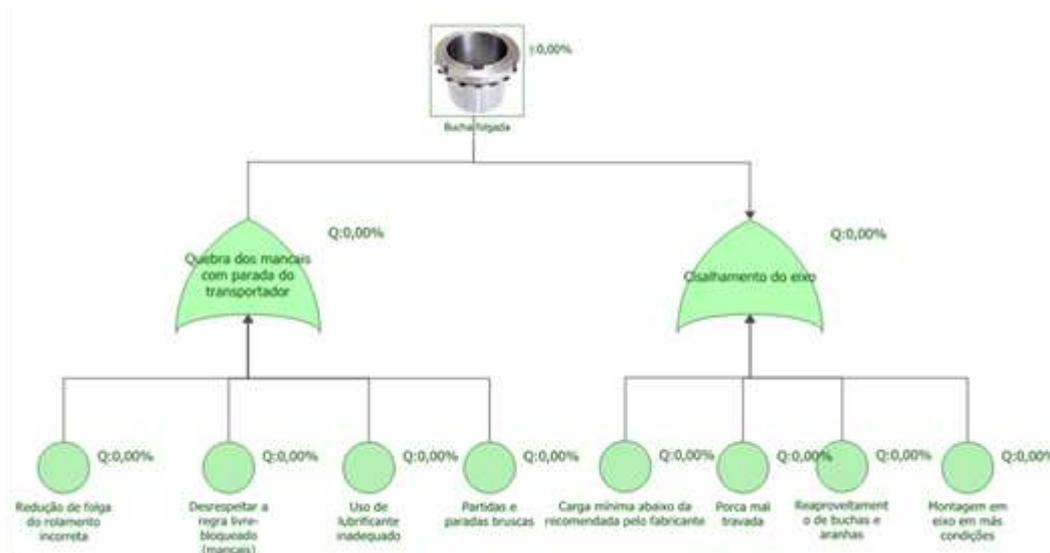
Fonte: Autor(2017).

O estudo nos permitiu verificar as causas que geram o modo de falha folga de bucha. Os efeitos provocados pela ocorrência deste modo estão explicitados logicamente.

Tipo de Análise		ANÁLISE DOS EFEITOS DOS MODOS DE FALHA (FMEA)				Page				
FMEA		conjunto bucha_rolamento				25 of 1				
Item		1.3.1.6.3 - conjunto bucha_rolamento								
Descrição do Produto		Ano/Programa do Modelo		Responsabilidade		Data Início				
Equipe Principal						Responsável pela Compilação				
Outras Pessoas Envolvidas						DOC Nº				
Equipe de Suporte						Data Chave				
						Mês/ano				
						FMEA - Data Planejada				
						Data				
						Aprovado por				
						Data da Aprovação				
Função	Modes de Falha	Prob. de Falha	Clas. Severidade	Efeitos Locais	Nível Superior Posterior	Efeitos Finais	Causas	Método de Detecção de Falha	Ações para Mitigação dos Efeitos	Descrição da Causa Definida pelo Usuário
Travamento rolamento dentro do mancal	Bucha folgada	Nível B - Razoavelmente Provável	Categoria II - Crítica	quebra do rolamento (pastilhas, grades, elementos)	travamento do eixo com sobreaquecimento da grava do mancal	Cisalhamto do eixo	Carga mínima abaixo da recomendada pelo fabricante do rolamento		Realizar teste de carga mínima para os rolamentos de transportador críticos	Os rolamentos em geral devem estar submetidos a uma determinada carga mínima em especial aos rolamentos que trabalham em altas velocidades, onde as forças de inércia dos rolos e esferas e das gaiolas somadas ao atrito nos lubrificantes pode provocar movimento de "escorregamento" entre os rolos e as pastilhas ao invés de "rolar". Esse esforço gerado no anel interno pode provocar o giro dele sobre a bucha e desta sobre o eixo. Segundo fabricantes de rolamentos, a carga mínima é 2% da capacidade de carga dinâmica indicada para cada rolamento.
							Reaproveitamento de buchas e aranhas		Não utilizar buchas usadas	A bucha nunca deve ser reaproveitada, pois além da fadiga gerada durante o uso, a desmontagem por si só ocasiona marcas na bucha, diminuindo a área de contato entre rolamento, bucha e eixo, prejudicando a nova fixação.
							Montagem em eixo em más condições		Ao detectar eixos com ranhuras, fissos, avaliar seu estado de acordo com planilha enviada pela engenharia central	Eixo desgastado, com marcas de giro em montagens anteriores, eixo com diâmetro alterado, ou fora da tolerância. Havendo desgaste do eixo deve-se retrabalhá-lo respeitando a tolerância máxima H7/e7 na cilíndricidade e solicitar a nova bucha EXATAMENTE conforme a nova medida do eixo.
							Porca mal travada			Se a amarra (M II) ou trava (M S) se soltar a porca se soltará juntamente como conjunto. Novamente, se certificar que o travamento com amarra ou trava M S esteja adequado.

Fonte: Autor(2017).

As probabilidades de falha estão zeradas pois não existe registro das causas das falhas nos 62 eventos detectados neste estudo.



Fonte: Autor(2017).

Priorizar manutenção nos rolamentos dos transportadores TRTC11, TRCT15, TRTC06 e TRTC05 e empilhadeira EP05, nesta ordem de prioridade, dado o alto risco de ocorrência de falha de folga de bucha nestes locais para dezembro mostrado na etapa de estudo de confiabilidade.

Causas	Método de Detecção de Falha	Ações para Mitigação dos Efeitos	Descrição da Causa Definida pelo Usuário
Ajuste inadequado do conjunto. Redução de folga do rolamento	Na oficina existe check list de recebimento e entrega, inserindo os parametros de recebimento e entrega respectivamente	Replicar check list da oficina para as equipes de manutencao	Ajuste inadequado do conjunto. Redução de folga do rolamento sem seguir critérios técnicos de montagem. Se apertar pouco, a bucha gira por falta de aperto. Se apertar muito, reduzindo ou eliminando a folga residual, esse rolamento pode travar quando em operação pelo aquecimento, além é claro, da redução da sua vida útil.
Carga mínima abaixo da recomendada pelo fabricante do rolamento		Realizar simulacao de carga minima para os rolamentos de 1 transportador critico, exemplo TRTC11	Os rolamentos em geral devem estar submetidos a uma determinada carga mínima em especial aos rolamentos que trabalhem em altas velocidades, onde as forças de inércia dos rolos / esferas e das gaiolas somadas ao atrito nos lubrificantes pode provocar movimento de "escorregamento" entre os rolos e as pistas ao invés de "rolar". Esse esforço gerado no anel interno pode provocar o giro dele sobre a bucha e desta sobre o eixo. Segundo fabricantes de rolamentos, a carga mínima é 2% da capacidade de carga dinâmica indicada para cada rolamento.
Montagem em eixo em más condições		Ao detectar eixos com ranhuras, frisos, avaliar seu reuso de acordo com planilha enviada pela engenharia central	Eixos desgastados, com marcas de giro em montagens anteriores, eixos com diâmetro alterado, ou fora da tolerância. Havendo desgaste do eixo deve-se retrabalhá-lo respeitando a tolerância máxima h10 e IT5 na cilindridade e solicitar a nova bucha EXATAMENTE conforme a nova medida do eixo.
Partidas e paradas bruscas			A aceleração e desaceleração bruscas, fora do normal, pode provocar o giro do anel interno do rolamento, da bucha e porca. Se certificar que o travamento com arruela ou trava MS esteja adequado.

Causas	Método de Detecção de Falha	Ações para Mitigação dos Efeitos	Descrição da Causa Definida pelo Usuário
Porca mal travada			Se a arruela (MB) ou trava (MS) se soltar, a porca se soltará juntamente com o conjunto. Novamente, se certificar que o travamento com arruela ou trava MS esteja adequado.
Reaproveitamento de buchas e aranhas		Nao utilizar buchas usadas	A Bucha nunca deve ser reaproveitada, pois além da fadiga gerada durante o uso, a desmontagem poderá ocasionar marcas na Bucha, diminuindo a área de contato entre rolamento, bucha e eixo, prejudicando a nova fixação.
Regra livre-bloqueado para os mancais nao respeitada		Inserir na OM de montagem do rolamento do tambor o desenho do tambor e evidenciar lado bloqueado e lado livre	Essa regra diz respeito à situação de montagem dos dois mancais. Em regra geral, o rolamento deve estar bloqueado axialmente (rolamento sem folga axial na caixa) do lado do acionamento e deve estar livre axialmente do lado movido. Isso se faz necessário devido à variação dimensional do eixo, em função da variação de temperatura de trabalho.
Uso de lubrificante inadequado		Inserir no PRO de montagem item referente ao lubrificante correto , buscando o mais indicado de acordo com o fabricante do rolamento	Se for usado lubrificante inadequado pode-se aumentar a resistência ao giro e o correr o arraste do anel interno. O fabricante do rolamento é quem indica o lubrificante apropriado para cada tipo de rolamento e aplicação.

Fonte: Autor(2017).

CAPÍTULO 7 - RESULTADOS E CONCLUSÃO

A seguir serão apresentados os resultados do trabalho e as conclusões.

7.1 RESULTADOS

O trabalho obteve excelentes resultados para a pergunta principal e tema principal do trabalho onde foi questionada a estratégia de manutenção do Terminal de tubarão.

Vimos que a estratégia estava equivocada e houve a necessidade de ajustarmos esta estratégia inserindo métodos, processos, ferramentas de confiabilidade para alavancarmos a disponibilidade dos processos.

O planejamento estratégico do item 4.2 trouxe uma visão de gestão de ativos nunca antes vista no Porto com desdobramentos para várias áreas, como engenharia, materiais, RH, lideranças.

A primeira grande entrega foi o planejamento estratégico onde foram entregues:

- Missão e visão da engenharia de confiabilidade;
- SWOT e elaboração do mapa estratégico;
- Definição das iniciativas estratégicas e suas prioridades;
- Elaboração do perfil de custos de componentes e materiais;
- Criação de 129 iniciativas que se executadas, elevarão o patamar de confiabilidade do Terminal de Tubarão.
- Criação de um mapa de competências do engenheiro de confiabilidade
- Capacitação na trilha técnica básica de engenheiro de confiabilidade.

A segunda grande entrega foi a elaboração as etapas de implementação de um programa de confiabilidade. O desdobramento em etapas foram respondendo os questionamentos subjacentes do problema que a pesquisa resolveu.

A etapa 1 é a realização da taxonomia de 591 ativos produtivos. O resultado já colhido em 2017 foi a hierarquização e cadastro no SAP de 11 ativos com a nova

taxonomia. A previsão inicial de término seria no final de 2019 segundo capítulo 5 figura 5.9.

Figura 7.1 – Exemplo de lista de ativos do 5 nível para o 7 nível.

Loc. instalação	POTU-PPR	Vál. desde	Denominação	PROCESSO PRODUTIVO
>	POTU-PPR-CTQ			CONTROLE DE QUALIDADE
>	POTU-PPR-DSC			DESCARGA
>	POTU-PPR-ELI			ESTACAO DE LIMPEZA INDUS
>	POTU-PPR-EMB			EMBARQUE
>	POTU-PPR-EMP			EMPILHAMENTO
>	POTU-PPR-EMP-CAMBRL			CAMINHO DE ROLAMENTO
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL			EMPILHADEIRAS
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-1FA2AEF			EMPILHADEIRA DE MINERIO
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EE01			EMPILHADEIRA DE MINERIO
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EE02			EMPILHADEIRA DE MINERIO
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EP01			EMPILHADEIRA DE MINERIO
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EP02			EMPILHADEIRA DE MINERIO
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EP03			EMPILHADEIRA DE MINERIO
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EP04			EMPILHADEIRA DE MINERIO
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EP10			EMPILHADEIRA DE MINERIO

Loc. instalação	POTU-PPR	Vál. desde	Denominação	PROCESSO PRODUTIVO
>	POTU-PPR-CTQ			CONTROLE DE QUALIDADE
>	POTU-PPR-DSC			DESCARGA
>	POTU-PPR-ELI			ESTACAO DE LIMPEZA INDUSTRIAL
>	POTU-PPR-EMB			EMBARQUE
>	POTU-PPR-EMP			EMPILHAMENTO
>	POTU-PPR-EMP-CAMBRL			CAMINHO DE ROLAMENTO
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL			EMPILHADEIRAS
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-1FA2AEF			EMPILHADEIRA DE MINERIO
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EE01			EMPILHADEIRA DE MINERIO
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EE02			EMPILHADEIRA DE MINERIO
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EP01			EMPILHADEIRA DE MINERIO
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EP02			EMPILHADEIRA DE MINERIO
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EP03			EMPILHADEIRA DE MINERIO
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EP03-CY			Cabine
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EP03-EC			Enrolador de cabo de força
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EP03-EL			Elevação de Lança
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EP03-GI			Giro
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EP03-GI_AB			Conjunto de ancoragem
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EP03-GI_AC			Ationamento
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EP03-GI_AC_FR01			Freio
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EP03-GI_AC_MT01			Motor elétrico
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EP03-GI_AC_FR01			Pinhão
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EP03-GI_AC_RD01			Redutor
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EP03-GI_AZ			Aterramento
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EP03-GI_EA			Estrutura de acesso
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EP03-GI_IL			Iluminação
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EP03-GI_KT			CONTROLE
>	POTU-PPR-EMP-EMPIL-EP03-GI_LU			Lubrificação centralizada

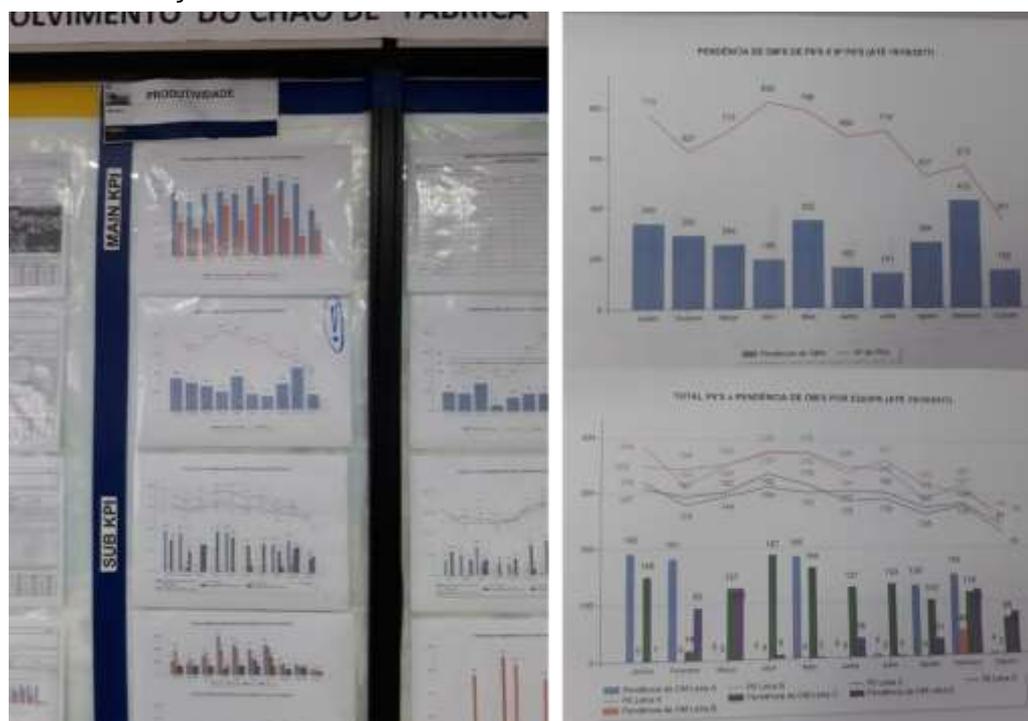
Fonte: Autor(2017). SAP.

A etapa 2 foi concluída e teve desdobramentos relativos a revisão de planos de manutenção e de estratégia de sobressalentes. Esta etapa foi conduzida chegando ao número de 139(24%) de ativos críticos A, 164(28%) ativos críticos B e 288(49%) de ativos críticos C.

A etapa 3 está sendo a mais desgastante devido à falta de pessoas dedicadas pra elaboração de FMEAs de qualidade. O resultado desta etapa atualmente é a revisão dos modos de falha dos 11 ativos já desdobrados da hierarquia e seus perfis de catálogo já foram cadastrados no SAP. O controle dos apontamentos está sendo diligenciado em forma de FMDS da supervisão responsável.

O número de P0's ou paradas corretivas não programadas é monitorado junto com o número de pendências a serem tratadas e é acompanhado semanalmente.

Figura 7.2 – Acompanhamento semanal de apropriação de classe de falha nas ordens de manutenção.



Fonte: Vale(2017)

A etapa 4 foi fortemente trabalhada. O principal ganho desta fase foi a estruturação de processos e rotina de análise e solução de problemas com a confiança da alta direção.

Ainda na etapa 4 foi implantada uma base de dados confiável, tipo constelação de fato, por meio de um processo de data warehousing e ETL (Extração, Transformação, Carregamento). Esse tratamento de dados atrelado a ferramentas de business intelligence com saídas para dispositivos móveis. De qualquer lugar as partes interessadas podiam verificar como estavam seus processos e ações de controle.

Esta etapa deu tão certo que houve uma recompensa enorme com a divulgação do trabalho em toda a empresa a nível global, conforme abaixo:

Figura 7.3 – Perdas dos processos na reportagem no site oficial da empresa



Fonte: Vale, reportagem interna mostrando o projeto implantado

A etapa 5 foi importantíssima para envolvimento de todos os níveis hierárquicos e de várias áreas diferentes, para implementamos uma solução nova, testar soluções e ter tempo para melhorar.

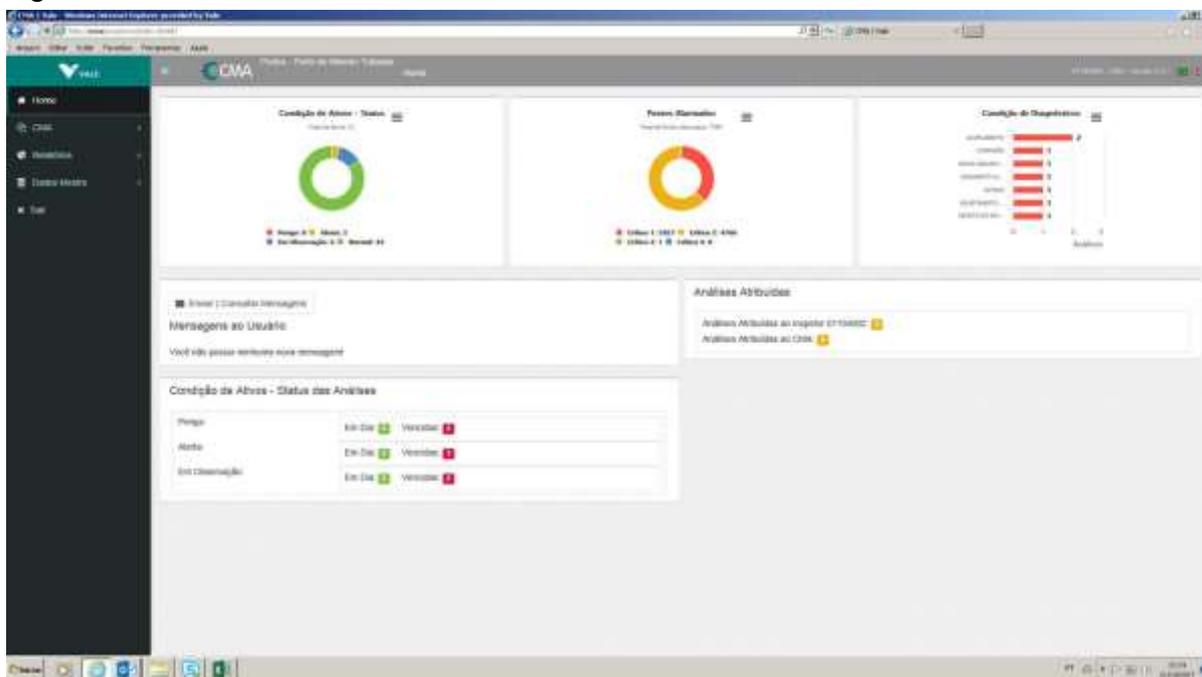
A etapa 6 está estagnada devido a movimentação da alta gerencia. A decisão de qual equipe que desenvolveu os estudos de RCM ainda está em andamento.

A etapa 7 foi muito gratificante, dado a implantação de um centro de monitoramento de ativos, onde foi o foco é prevenção de perdas. A altíssima direção está muito satisfeita com o projeto e apoiara a continuidade do mesmo.

Existem 4 profissionais dedicados para esta função, onde foram capacitados e inseridos já na rotina de tratamento de falhas.

Um software de gestão foi implementado chamado de CMA onde serão monitorados os 591 ativos produtivos. Os profissionais monitoram os ativos deste software.

Figura 7.4 – CMA



Fonte: Vale(2017)

Figura 7.5 – Relatórios de análises do CMA



Fonte: Vale(2017).

Este sistema contém inúmeros relatórios para ajudar na rotina da manutenção, principalmente a área de PCM que encontra as ordens de serviços totalmente priorizadas esperando programação.

A etapa 8 trouxe quebras de paradigmas enormes e ainda sofre com desconhecimento da capacidade de entrega. Com a elaboração do cardápio de produtos, a demanda de estudos subiu e a visibilidade com o cliente melhorou.

A etapa 9 ainda não foi explorada e ainda está em fase de aplicação.

Os cases trouxeram a confiança necessária para enfrentar uma cultura mecanicista, avesso a mudanças e que sofre com o comodismo da manutenção reativa.

As principais iniciativas levantadas no planejamento foram divididas de acordo com cada etapa de implementação do programa de confiabilidade e se encontra no apêndice E.

Resumindo a confiabilidade é uma ciência que se aplicada corretamente, gera muitos ganhos para a manutenção. Neste cenário adverso da mineração, a manutenção tem um peso estratégico muito grande para a organização. O uso das técnicas de confiabilidade atrelado com os objetivos estratégicos da organização trarão muitos ganhos para a empresa e para a carreira dos profissionais que participarão deste processo.

REFERÊNCIAS

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção Função Estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

SILVA, E. L, MENEZES, E.M., **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4ªed. Florianópolis: LED/PPGEP/UFSC,2005.

UNCTAD/RMT. **Review of Maritime Transport 2016**. United Nations publication. Sales No. E.16.II.D.7. New York and Geneva.

STATISTA: banco de dados. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/241201/projected-chinese-seaborne-iron-ore-demand/>>. Acesso em: 25 set 2017.

MARKET INSIDERS: banco de dados. Disponível em: <<http://markets.businessinsider.com/commodities/historical-prices/iron-ore-price/1.1.2012-31.12.2016>>. Acesso em: 25 setembro 2017.

STATISTA: Net profit margin. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/208725/net-profit-margin-of-the-top-mining-companies/>>. Acesso em: 25 set 2017.

BRASIL MINERAL. As maiores empresas do setor mineral. São Paulo, jul. 2017. n. 373. Disponível em: <<http://www.brasilmineral.com.br/revista/373/>>. Acesso em: 25 set 2017.

VALE. **Relatório de Sustentabilidade**. Disponível em: <<http://www.vale.com/hotsite/pt/paginas/relatorio-de-sustentabilidade.aspx>>. Acesso em 26 set 2017

STATISTA: Sistema de desempenho portuário: banco de dados. Disponível em: <<http://web.antaq.gov.br/sistemas/sig/AcessoEntrada.asp?IDPerfil=23>>. Acesso em: 26 setembro 2017.

ANTAQ: banco de dados. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/241201/projected-chinese-seaborne-iron-ore-demand/>>. Acesso em: 25 set 2017.

ANTAQ: **Anuário estatístico aquaviário de movimentação portuária de longo curso**. Disponível em: <web.antaq.gov.br/anuário>. Acesso em: 19 set 2017.

TOSTA, Cláudio Alexandre, **Estratégia de Empresas**. Apostila do programa de MBA em Gestão de Projetos do Departamento de Pós-Graduação da Fundação Getúlio Vargas (FGV-MMURAD). Turma 26. Espírito Santo, 2011.

PMI. Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos. Guia PMBOK 4. Ed. Project Management Institute, Inc.2008.

GOMES DE MATOS CONSULTORES ASSOCIADOS. **Palestra: Planejamento estratégico.** Banco de dados. Disponível em: <<https://www.slideshare.net/papodeconsultor/palestra-planejamento-estrategico-46562294?nomobile=true>>. Slide 11. Acesso em 27 set 2017.

LUZ. **Planilhas Empresariais: Planilha de Análise SWOT 3.5.** Ficheiro de dados. Disponível em: <<https://luz.vc/planilhas-empresariais/planilha-de-analise-swot>>. Acesso em: 20 abr 2016.

KAPLAN, Robert; NORTON, David. **A estratégia em ação.** 21. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 1997.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

FOGLIATTO, Flávio Sanson; RIBEIRO, José Luis Duarte. **Confiabilidade e Manutenção Industrial.** 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

NASCIF, Júlio. **Gestão de ativos – Influência na empresa e na manutenção.** **Revista de Letras**, Disponível em <<http://www.tecem.com.br/area-de-download-e-informacoes-tecnicas/artigos-e-palestras/>> . Acesso em: 28 set. 2017.

AICHE/CCPS. **Guidelines for Improving Plant Reliability through Data Collection and Analysis.** Center for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers. New York. 1998.

INTERNATIONAL STANDARD. **ISO 14224:** Petroleum and natural gas industries - Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. 2006.

MOUBRAY, J., **Reliability Centered Maintenance.** New York, Editora Industrial Press, Revisão da 2ª Edição, 2001

JIPM. **600 Forms Manual.** JAPAN INSTITUTE FOR PLANT MAINTENANCE. Japan, 1995

SENGE, Peter M. **A quinta disciplina: Arte e prática da organização de aprendizagem.** 6 ed. São Paulo: Best Seller, 2000.

LENCIONE, Patrick. **Os 5 desafios das equipes: uma fábula de liderança.** Trad. Maurelle Brandt. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

COVEY. Stephen R. **Os Sete hábitos das pessoas altamente eficazes.** 1ed. São Paulo: Editora Best Seller, 2004

LAFRAIA, J. R. B. Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade. [S.l.]: Qualitymark, 2001.

MAZZEI, Dennis. **Apostila: Análise do Custo do Ciclo de Vida.** Reliasoft. São Paulo. 2017.

MAZZEI, Dennis. **Apostila: G400 análise de dados de vida**. Reliasoft. São Paulo. 2015.

ReliaSoft Corporation, Weibull++ 11.0 Software Package, Tucson, AZ, www.Weibull.com.

ReliaSoft Corporation, Blocksim 11.0 Software Package, Tucson, AZ, www.Weibull.com.

ReliaSoft Corporation, RCM++ 11.0 Software Package, Tucson, AZ, www.Weibull.com.

ReliaSoft Corporation, DOE 10.0 Software Package, Tucson, AZ, www.Weibull.com.

**APÊNDICE A - RELAÇÃO DE TERMINAIS BRASILEIROS, SEUS PAISES
DESTINOS E CENÁRIO DO TERMINAL DE TUBARÃO**

Lista de países de destino de minério de ferro se sua evolução histórica

Países	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
China	30,11%	41,23%	42,27%	41,13%	44,16%	42,88%	50,30%	53,06%
Brasil	9,04%	9,61%	9,06%	9,09%	7,83%	7,71%	7,37%	8,76%
Malásia	1,01%	0,67%	0,81%	0,70%	1,12%	5,65%	7,03%	6,57%
Japão	15,84%	10,05%	8,82%	7,98%	7,55%	7,08%	7,42%	5,58%
Holanda	7,65%	8,77%	6,85%	7,92%	6,12%	6,38%	6,04%	5,04%
Omã	0,00%	0,41%	3,17%	3,26%	2,52%	3,12%	1,72%	2,42%
Coréia Do Sul	3,57%	4,54%	4,47%	3,89%	3,90%	2,96%	2,82%	2,13%
França	2,86%	2,03%	2,06%	1,93%	1,78%	1,75%	1,57%	1,90%
Argentina	2,91%	2,92%	2,50%	2,82%	3,11%	2,08%	1,42%	1,41%
Estados Unidos	0,96%	1,02%	1,18%	1,02%	1,28%	1,48%	1,28%	1,29%
Itália	2,95%	2,97%	3,04%	2,40%	2,34%	1,35%	1,91%	1,26%
Espanha	1,14%	1,18%	1,24%	0,76%	0,96%	1,20%	1,06%	1,14%
Bahrain	2,08%	2,00%	1,21%	0,59%	0,77%	1,59%	0,51%	1,04%
Turquia	0,80%	0,83%	1,21%	1,01%	0,96%	1,07%	0,98%	0,95%
Taiwan	1,39%	1,55%	1,09%	2,03%	1,17%	1,45%	1,27%	0,94%
Filipinas	0,98%	0,72%	2,29%	5,31%	5,98%	2,87%	0,83%	0,87%
Alemanha	3,09%	0,77%	0,99%	0,54%	0,55%	1,45%	0,88%	0,70%
Reino Unido Da Grã Bretanha E Irlanda	2,12%	1,48%	1,49%	1,97%	2,18%	2,02%	0,87%	0,56%
Canadá	0,52%	0,50%	0,56%	0,62%	0,78%	0,61%	0,83%	0,55%
Índia	0,19%	0,06%	0,06%	0,02%	0,02%	0,35%	0,70%	0,52%
Egito	1,00%	0,77%	0,88%	0,73%	0,62%	0,33%	0,36%	0,47%
Bélgica	0,54%	0,27%	0,46%	0,50%	0,42%	0,87%	0,49%	0,42%
México	0,11%	0,15%	0,02%	0,04%	0,00%	0,11%	0,73%	0,31%
Trinidad E Tobago	0,84%	0,65%	0,76%	0,84%	1,21%	0,59%	0,31%	0,28%
Irlanda	0,31%	0,43%	0,38%	0,42%	0,39%	0,24%	0,33%	0,25%
Polónia	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,23%
Romênia	0,21%	0,17%	0,08%	0,22%	0,16%	0,23%	0,14%	0,23%
Libia	0,52%	0,08%	0,11%	0,44%	0,31%	0,14%	0,13%	0,19%
Emirados Árabes Unidos	0,39%	0,59%	0,51%	0,53%	0,42%	0,69%	0,09%	0,17%
Croácia	0,05%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,07%	0,00%	0,13%
Ucrania	0,10%	0,09%	0,03%	0,00%	0,00%	0,02%	0,00%	0,11%
África Do Sul	0,18%	0,16%	0,16%	0,13%	0,13%	0,20%	0,00%	0,09%
Uruguai	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%	0,08%
Indonésia	0,46%	0,31%	0,15%	0,16%	0,31%	0,23%	0,23%	0,07%
Tailândia	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,07%	0,06%	0,06%
Grécia	0,02%	0,06%	0,00%	0,09%	0,11%	0,06%	0,08%	0,06%
Finlândia	0,00%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,02%	0,05%	0,05%
Noruega	0,07%	0,16%	0,04%	0,11%	0,00%	0,03%	0,02%	0,04%
Eslovênia	0,50%	0,08%	0,08%	0,11%	0,08%	0,09%	0,08%	0,04%
Togo	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,02%
Paraguai	0,02%	0,02%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,02%
Suíça	0,24%	0,14%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Nigéria	0,00%	0,01%	0,08%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Austrália	0,16%	0,50%	0,07%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Honduras	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Singapura	0,94%	0,16%	0,77%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Panamá	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%
Guadalupe	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Gibraltar	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Gana	0,30%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Peru	0,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Zona Internacional	0,00%	0,00%	0,00%	0,15%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Islândia	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%
Suécia	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Portugal	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%
Suriname	0,07%	0,14%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Qatar	0,19%	0,24%	0,16%	0,16%	0,16%	0,29%	0,00%	0,00%
Luxemburgo	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Quirguistão	0,10%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Colômbia	0,00%	0,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ilhas Maurício	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Não Identificado	1,77%	0,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Bulgária	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Venezuela	0,05%	0,15%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Rússia	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%
Arábia Saudita	1,54%	1,27%	0,53%	0,34%	0,49%	0,62%	0,08%	0,00%
Senegal	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%

Lista dos países destinos de minério de ferro proveniente do terminal de tubarão.

Países	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
CHINA	46,2%	43,5%	40,7%	40,1%	38,6%	34,7%	30,2%	24,6%
MALÁSIA	1,5%	0,5%	0,1%	0,0%	1,1%	8,5%	17,5%	18,7%
JAPÃO	12,5%	12,6%	12,1%	10,8%	10,9%	10,6%	11,6%	9,2%
HOLANDA	9,6%	12,5%	11,8%	11,9%	9,2%	9,7%	8,9%	7,9%
OMÃ	0,2%	2,4%	7,0%	9,4%	9,3%	8,6%	5,8%	8,5%
ITÁLIA	4,3%	7,0%	4,8%	3,8%	4,2%	3,4%	3,9%	2,6%
CORÉIA DO SUL	4,6%	5,1%	7,0%	6,4%	6,9%	6,2%	3,7%	2,7%
ESTADOS UNIDOS	0,1%	0,5%	0,0%	0,0%	0,2%	0,2%	2,5%	3,8%
EGITO	1,4%	1,2%	1,6%	1,3%	1,1%	0,6%	2,4%	2,1%
ALEMANHA	3,6%	1,0%	2,3%	1,7%	1,2%	2,7%	2,2%	1,6%
ARGENTINA	1,6%	2,0%	1,9%	1,9%	1,8%	1,8%	1,7%	2,1%
FRANÇA	1,8%	0,9%	1,6%	2,5%	2,6%	0,7%	1,6%	2,7%
TRINIDAD E TOBAGO	1,2%	1,0%	1,5%	1,7%	1,8%	1,2%	1,2%	1,2%
ESPAÑA	0,9%	1,4%	1,2%	1,4%	1,9%	2,0%	1,1%	1,8%
BRASIL	0,1%	0,0%	0,2%	0,6%	0,0%	0,0%	1,0%	1,5%
FILIPINAS	0,9%	1,1%	1,5%	2,8%	2,5%	3,2%	1,0%	1,1%
TAIWAN	1,6%	0,9%	0,5%	1,1%	0,7%	1,1%	0,9%	1,7%
LIBIA	0,8%	0,1%	0,4%	0,9%	0,6%	0,1%	0,8%	1,2%
EMIRADOS ÁRABES UNIDOS	0,3%	0,9%	0,8%	0,2%	1,1%	0,9%	0,6%	0,6%
ARÁBIA SAUDITA	3,5%	2,5%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%	0,3%	0,0%
CANADÁ	0,2%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,3%	0,3%	0,2%
MÉXICO	0,4%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,3%	0,9%
POLÔNIA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,6%
TURQUIA	0,2%	0,2%	0,2%	0,0%	0,4%	1,3%	0,2%	0,8%
Reino Unido da Grã Bretanha e Irlanda	0,9%	1,2%	1,3%	0,6%	1,6%	0,6%	0,2%	0,8%
ÁFRICA DO SUL	0,4%	0,4%	0,5%	0,5%	0,5%	0,4%	0,1%	0,4%
BÉLGICA	0,7%	0,0%	0,3%	0,4%	0,3%	0,1%	0,0%	0,1%
INDONÉSIA	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	1,0%	0,4%	0,0%	0,0%
QATAR	0,2%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%
AUSTRÁLIA	0,2%	0,3%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%
ROMÊNIA	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,2%	0,0%	0,3%
ÍNDIA	0,2%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
CROÁCIA	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
SUIÇA	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
TAILÂNDIA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%
BOLÍVIA	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Total Geral	100,0%							

A interpretação da queda das exportações de Tubarão para a China e do aumento de exportações para a Malásia se deve ao fato da queda da frota mercante disposta no capítulo 2 e do aumento do frete.

Este fato fez com que a Vale comprasse navios de alta capacidade chamado de graneleiros e enviasse esses navios para serem descarregados no Terminal da Vale na Malásia para realizar a transferência desta carga para navios menores e ai sim, enviar para a China.

APÊNDICE B - MTBF do complexo de tubarão

A seguir será apresentado os valores de MTBF por criticidade, tipo de ativo e ativo.

MTBF Anual Por Criticidade				
Criticidade	2013	2014	2015	2016
A	42,08	38,66	35,39	28,88
B	57,04	53,21	43,14	43,75
C	78,85	70,17	55,77	67,94

A tabela mostra o MTBF por tipo de equipamento e a tabela mostra os 17 piores MTBFs.

MTBF Anual Por Tipo de ativo						MTBF Anual Por Ativo					
Descrição Tipo Equipamento	2013	2014	2015	2016	Total	Sigla Equipamento	2013	2014	2015	2016	Total
Descarregador de Navio	8,49	8,08	9,00	8,36	8,47	RC02A			4,95	5,57	5,34
Empilhadeira e Recuperadora	9,94	11,39	11,40	13,97	11,47	DN05	7,08	5,85	8,27	7,40	7,00
Guindaste Móvel	14,75	11,11	8,50	14,42	11,54	DN04	7,70	5,56	8,65	7,37	7,17
Recuperadora	13,83	12,50	12,42	10,82	12,29	RCP8	6,64	8,83	8,74	9,86	8,26
Virador de Vagão	17,82	19,81	15,58	9,68	14,52	DN07	10,86	9,64	7,73	7,78	8,77
Carregador de navio	30,13	27,49	20,95	20,97	24,17	RCP7	10,51	9,59	10,88	7,20	9,30
Alimentador	42,41	19,98	19,44	37,25	25,69	RCP9		9,18	11,35	9,70	10,24
Empilhadeira	31,98	30,32	24,25	22,14	26,55	F05	8,89	5,95	24,53	20,23	10,41
Carregador de Vagão	59,66	46,78	27,55	40,77	40,68	ER01	7,99	12,38	12,37	10,43	10,44
Escravas	58,70	58,10	44,98	48,73	52,16	VV01	13,58	14,94	10,74	7,32	10,71
Transportadora	94,38	87,00	66,68	63,11	75,38	ER03	11,31	10,04	10,72	11,87	10,93
Moega Ferroviária	80,14	75,05	87,97	100,...	84,23	DN06	8,52	13,27	11,92	11,06	11,04
Pá Mecânica	139,99	119,52	187,63	39,16	86,84	GM03	14,57	12,08	7,17	15,80	11,14
Armazém de Grãos	348,05	58,15	112,55	239,...	120,28	EPA2A		30,57	14,83	8,41	11,57
Balança	1.762,85	3.131,80	3.577,58	38,82	142,14	GM04	14,94	10,39	10,36	13,39	11,93
Amostragem	1.034,73	409,21	101,67	114,...	179,00	RC03	13,34	14,43	11,11	14,00	13,13
Comporta de Pelotas	340,99	177,76	300,31	643,...	306,23	ER02	11,44	11,75	11,16	23,25	13,18

O MTBF dos ativos críticos A do porto pioraram 31% em relação a 2012. Os principais ativos do porto como viradores de vagão, carregadores de navio e transportadores, pioraram muito, o que mostra a necessidade de mudança de estratégia de manutenção.

APÊNDICE C - Análise SWOT

A seguir será apresentado tabelas de resultados e de apoio a elaboração do SWOT.

➤ Fatores críticos - Ambiente Interno - Forças

Nº	Levantamento de Forças	Impacto	Priorização			
			Cliente	Produtividade	Diferencial	CPD
1	Alta capacidade de entrega da equipe	Equipe tem alto poder de entrega e comprometimento com as entregas	4- Reconhecida	5- Ajuda muito	3- Indiferente	60
2	Vontade grande de contribuir, crescer, evoluir	Equipe esta com sentimento de crescimento e ansiosa por mudanças por aplicação de novos conhecimentos	2- Pouco reconhecida	5- Ajuda muito	4- Diferenciada	20
3	Maturidade nos processo de perfis de perdas	Equipe com vivência e maturidade nos modos de falhas nas máquinas dos terminais de Minerio e carga geral	4- Reconhecida	5- Ajuda muito	4- Diferenciada	80
4	Equipe multidisciplinar	Equipe é formada por analistas, engenheiros plenos, senior, especialista e varias areas de conhecimento	3- Indiferente	3- Indiferente	3- Indiferente	27
5	Profissional com conhecimento em confiabilidade	Pode ser aproveitado conhecimento interno para nivelamento da equipe, reduzindo custos de treinamento	4- Reconhecida	5- Ajuda muito	5- Muito diferenciada	100

Cliente	Produtividade	Diferencial
5- Muito reconhecida	5- Ajuda muito	5- Muito diferenciada
4- Reconhecida	4- Ajuda	4- Diferenciada
3- Indiferente	3- Indiferente	3- Indiferente
2- Pouco reconhecida	2- Ajuda Pouco	2- Comum
1- Nada reconhecida	1- Ajuda nada	1- Nada diferente

➤ Fatores críticos - Ambiente Interno – Fraquezas

Nº	Levantamento de Fraquezas	Impacto	Priorização			CUT
			Gravidade	Urgência	Tendência	
1	Banco de dados do SAP não é utilizado para realização do perfil de perdas	Sem a extratificação da classe de falha pela SAP, é impossível verificar eficácia das ações, reduções de horas, referentes as causas dos modos de falha. Além disso fica impossível realizar análises de confiabilidade pois não existem dados de vida das ultimas unidades gerenciáveis	5- Extremamente grave	5- Precisa de ação imediata	5- Irá piorar rapidamente	125
2	Perfil de perdas atual sem relatorios ágeis e simples	Aumento de horas não produtivas e redução de horas produtivas, já que existem inumeras extratificações que podem ser feitas	4- Muito grave	2- Pouco urgente	2- Irá piorar a longo prazo	16
3	Perfil de perdas atual sem relatorios automatizados no BW	Aumento de horas não produtivas e redução de horas produtivas, tornando o processo ineficiente	4- Muito grave	5- Precisa de ação imediata	1- Não irá mudar	20
4	TAFs sem visibilidade para os stakeholders em geral	TAFs são recorrentes , e o conhecimento não se torna explicito na organização	4- Muito grave	3- O mais rápido possível	3- Irá piorar	36
5	Baixo poder de intervenção/Força nas decisões dos clientes	As ações mapeadas em perfis de perdas e analise de falha não necessariamente são priorizadas e executadas	5- Extremamente grave	2- Pouco urgente	1- Não irá mudar	10
6	Muitas TAFs por engenheiro	Aumento do stress e diminuição da qualidade de vida	2- Pouco grave	3- O mais rápido possível	4- Irá piorar em pouco tempo	24
7	Baixo acompanhamento pela confiabilidade de velhos/novos materiais entrantes	Sem uma verificação mais eficiente destes processos, pode ocasionar falhas crônicas nos ativos no futuro gerando muito tempo de retrabalho, além da perda de capital	4- Muito grave	3- O mais rápido possível	3- Irá piorar	36
8	Poucos recursos para analise de falha	Acesso a PLCs limitados, resposta lenta da interface com central TA do PIMS, restrição de instalação de softwares em computador pessoal, quantidade limitada de acesso a software de analise de falha em radios, TAGs de correntes dos motores de carga geral não estão no PIMS. Carga geral sem acesso remoto aos PLCs dos DNs 4, 6 e 7.	5- Extremamente grave	3- O mais rápido possível	1- Não irá mudar	15
9	Baixa quantidade de indicadores dos processos internos	Controles dos indicadores internos estão fracos, podendo nos direcionar para trabalhos desnecessarios sem ganhos impactantes e piorando a imagem (valor = atributos,imagem,relacionamento)	3- Grave	5- Precisa de ação imediata	5- Irá piorar rapidamente	75
10	Inexistência de ferramentas de confiabilidade disponiveis	Sem softwares é impossível realização de análises quantitativas que agregam valor aos clientes e reduz custos	5- Extremamente grave	5- Precisa de ação imediata	5- Irá piorar rapidamente	125
11	Sobressalentes sem codificação adequada	Todos os itens usados na manutenção tem que ter código no sistema para previsibilidade de consumo e calculo de custeio por ativo	5- Extremamente grave	3- O mais rápido possível	3- Irá piorar	45
12	Priorização de atividades sem foco no custo	Eficiência da da equipe prejudicada	4- Muito grave	4- É urgente	3- Irá piorar	48
13	Iniciativas de redução de custo inexistente	Eficiência da da equipe prejudicada	5- Extremamente grave	5- Precisa de ação imediata	5- Irá piorar rapidamente	125
14	Processo de perfil de perdas de CG é manual	Elevado tempo de preparação de banco de dados para carregamento dos mesmos no SGR	4- Muito grave	4- É urgente	5- Irá piorar rapidamente	80
15	Poucos rádios disponiveis	Poucos rádios disponiveis para comunicação interna afetando a velocidade e acuracidade nas infirmações e tratamento dos desvios	2- Pouco grave	2- Pouco urgente	1- Não irá mudar	4
16	Falta de participação da confiabilidade no FMI (fluxo de materiais e informação) de materiais	Não garantia da confiabilidade do material/sobressalente entrante	2- Pouco grave	2- Pouco urgente	1- Não irá mudar	4
17	PRO confiabilidade esta obsoleto	Estratégia não será aplicada	5- Extremamente grave	5- Precisa de ação imediata	1- Não irá mudar	25
18	Não realização de trabalhos qualitativos e quantitativos referetes a confiabilidade de componentes ou sistema	Falhas recorrentes, alto impacto de horas corretivas, estoques mau dimensionados, sem previsibilidade de falhas, inexistencia de gestão de riscos para tomada de decisão,	5- Extremamente grave	5- Precisa de ação imediata	5- Irá piorar rapidamente	125
19	Inexistência de iniciativas para melhora da manutenibilidade	Aumento do impacto operacional , mais tempo de processo parado	3- Grave	4- É urgente	1- Não irá mudar	12
20	Inexistência de profissional de sistemas/programação dentro da ocnfiabilidade	Muitas demandas que necessitam de sistematização/automatização dependem de varias areas para serem implementadas e acabam não sendo priorizadas	5- Extremamente grave	5- Precisa de ação imediata	1- Não irá mudar	25

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

➤ Fatores críticos - Ambiente Externo – Oportunidades

Nº	Evento de Oportunidade	Impacto	Priorização				
			Rapidez	Autonomia	Benefício	Estruturante	RARR
1	Aplicação de trabalhos referentes a análise de dados de vida	Implementar iniciativas de redução de custo com base em redimensionamento de estoques, confiabilidade dos itens, cálculo do tempo ótimo de troca do item, Analisar a confiabilidade de produtos de diferentes fornecedores, Determinar o período ideal de garantia, Realizar previsões de orçamento para peças de reposição, Determinar períodos para manutenção preventiva, Analisar quantitativamente os riscos, Comparar a confiabilidade entre fabricantes e/ou projetos, Verificar eficácia do reparo. Suportar decisões estratégicas baseado na gestão dos riscos	< 6 mês	Supervisor	Alto	Medio	375
2	Aplicação de trabalhos referentes a análise de degradação	Implementar trabalhos referentes a degradação de uma condição, para mais ou para menos, modelando dados coletados a partir de inspeções para suportar decisões de troca de item, mapa de paradas, antecipação, postergação	< 6 mês	Supervisor	Médio	Medio	225
3	Aplicação de trabalhos referentes a análise de dados de vida com stressamento	Idem item 1, mas com fator de stressamento (temperatura, pressão, umidade, ou qualquer stress mensuravel e quantificavel)	6 a 12 meses	Gerente	Alto	Pouco	45
4	Sanear base de dados do SAP criando regras relativas a classe de falha	Saneando a base do SAP e controlando novas entradas, garantiríamos a acuracidade das informações a serem estudadas posteriormente	< 6 mês	Supervisor	Alto	Altamente	625
5	Aplicação de RCM	Usar o FMEA para traçar as atividades de manutenção, com suas modalidades, prazos, custos, equipes e estratégia de suprimentos para cada modo de falha, otimizando a estratégia de manutenção	> 12 meses	Supervisor	Alto	Altamente	125
6	Aplicação de FMEA	Mapeamento dos modos de falha e seus efeitos, juntamente com iniciativas de melhoria da severidade do efeito, na recorrência e na detectabilidade das falhas	< 6 mês	Supervisor	Alto	Altamente	625
7	Aplicação de trabalhos referentes a confiabilidade de sistemas	Estimar a confiabilidade do sistema no intervalo de tempo seguinte, Estimar o número de falhas durante um intervalo de tempo fixado, Estimar o custo bruto para se manter o sistema, Estimar o tempo ótimo de substituição/troca, Quantas peças de estoque devemos comprar, Que componentes causam a maioria das falhas, Posso quantificar as melhoras do sistema a partir das trocas individuais de componente	6 a 12 meses	Gerente	Alto	Altamente	225
8	Acompanhamento estatístico das SATS em aberto	Calcular a Confiabilidade dos itens	< 6 mês	Supervisor	Alto	Pouco	125
9	Canal de comunicação aberto com confiabilidade do norte, sul, locomotivas, vagões e DIPE	Rapidez das informações, replicação de cases rápidos	< 6 mês	Supervisor	Alto	Medio	375
10	Sistematizar estrutura	Sistematizando a estrutura, com foco em eficiência, buscando técnicos experientes de área nas modalidades mecânica e elétrica	6 a 12 meses	Gerente	Alto	Pouco	45
11	Melhorar controles preventivos de falhas	Instalação de controles preventivos/barreiras para detecção prévia das falhas impactam no aumento da previsibilidade das falhas e faz com que não haja perdas de produção	< 6 mês	Supervisor	Médio	Medio	225
12	Criação de um AssetBook	Permitir que todas as informações do ativo estejam disponíveis rapidamente, tais como: -Fotos do ativo - Importância do ativo para o negócio - Sua localização na estrutura funcional Informações básica: - Fornecedor - Data de aquisição - Últimas ordens de serviço - Planos de manutenção e contingência - Indicadores básicos (MTBF, MTTR, etc.) - PROs (oriundos de MPs), registro de codigos dos componentes, numero de desenhos Análises realizadas: - Estudo de RCM - Curva de Confiabilidade - LDA - Investigação da Causa Raiz - RCA - Cálculo de sobressalente - SPF - Análise RAM - BlockSim; - Gestão da Mudança - MoC	> 12 meses	Gerente	Alto	Altamente	75

Nº	evantamento de Oportunidade	Impacto	Priorização				
			Rapidez	Autonomia	Benefício	Estruturante	RARE
13	Pontos de medição no SAP para registro de horímetro de componentes críticos não é utilizado	Com a criação de horímetros , a gestão da substituição do item é mais eficiente reduzindo custos , já que maximiza a utilização do item	> 12 meses	Engenharia Central	Alto	Altamente	25
14	Nivelamento de conhecimento das ferramentas de confiabilidade	Quanto mais pessoas capacitadas, mais produtos podem ser entregues com maior rapidez	< 6 mês	Supervisor	Alto	Altamente	625
15	Possibilidade de implantar estrutura "Tubarão"/orientador operacional	Controle de produtividade das equipes e de atividades críticas	> 12 meses	Gerente	Alto	Medio	45
16	Existência de 15 licenças do weibull 7 disponíveis	Aplicar estudos de confiabilidade	< 6 mês	Engenharia Central	Alto	Altamente	125
17	Criação de uma comunidade de confiabilidade na rede da vale	para troca de cases reais e replicáveis	6 a 12 meses	Gerente	Alto	Medio	135
18	Análise de dados de vida com stressamento - Ocorrências portuárias e acidentes podem ser modelados usando modelos de falha consagrados	Modelando ocorrências portuárias e acidentes podemos orientar mais corretamente a área a fazer inspeções de segurança, reflexões sobre temas específicos devido a degradação da consciência, otimizando as inspeções de segurança com foco no tema de maior risco	6 a 12 meses	Supervisor	Alto	Medio	225
19	Plano diretor pode ser melhorado	Com a melhoria do plano diretor podemos dar foco , agilidade, maximizar a utilização dos nossos ativos, reduzindo custos	6 a 12 meses	Supervisor	Médio	Medio	135
20	Criação da sala do conhecimento	A criação da(s) sala(s) do conhecimento seria ideal para construção de conhecimento e transferência de conhecimento tácito para explícito	> 12 meses	Gerente	Alto	Medio	45
21	Garantir verba para Confiabilidade de custeio e investimento	Sem verba de custeio e investimento as participações em eventos de confiabilidade, visitas a outras unidades e empresas, feiras , congressos nacionais e internacionais ficam prejudicados	> 12 meses	Supervisor	Alto	Altamente	125
22	Confiabilidade do Porto sem participação em simposios e férias nacionais e internacionais	Sem a participação em feiras e congressos, a troca de experiências e replicação de cases consagrados fica prejudicada	> 12 meses	Gerente	Alto	Altamente	75
23	Softwares mais simples mas eficazes disponíveis sem custo na internet	Para estudos mais simples e rápidos poderíamos utilizar de softwares free	< 6 mês	Supervisor	Alto	Altamente	625

Rapidez	Autonomia	Benefício	Estruturante
5 - < 6 mês	5 - Supervisor	1 - Baixo	1 - Pouco
3 - 6 a 12 meses	3 - Gerente	3 - Médio	3 - Medio
1 - > 12 meses	1 - Engenharia Central	5 - Alto	5 - Altamente

➤ Fatores críticos - Ambiente Interno – Ameaças

Nº	Levantamento de Ameaças	Impacto	Priorização			
			Gravidade	Urgência	Tendência	GUT
1	Ponto focal de FRACAS e BW distante da confiabilidade	Sem proximidade, as diretrizes não são passadas e absorvidas, a maneira correta de fazer não é mostrada e o uso das ferramentas não é eficaz	5- Extremamente grave	2- Pouco urgente	1- Não irá mudar	10
2	Perfil de perdas e TAFs sendo realizados em software não homologado pela TI	Gestor do SGR é o engenheiro Patrick Filgueira, fazendo com que a supervisão fique refém do tempo do mesmo realizar alguma melhoria/interferência no sistema	5- Extremamente grave	5- Precisa de ação imediata	5- Irá piorar rapidamente	125
3	Baixa velocidade da informação na presença de falhas que atingira um gatilho	Equipe de confiabilidade não presente na hora das falhas não garantindo uma análise bem feita	4- Muito grave	4- É urgente	3- Irá piorar	12
4	Movimentação de componentes não é realizada no sistema	Sem o rastreamento da movimentação dos componentes, o cálculo de confiabilidade não é realizado. Histórico de operação inexistente não gerando previsibilidade de troca e mapeamento de componentes críticos	4- Muito grave	3- O mais rápido possível	2- Irá piorar a longo prazo	24
5	Hierarquia dos componentes cadastradas no SAP é inexistente para ativos do Porto	Sem o componente cadastrado no sistema de manutenção, perde-se muito tempo para localização, correção, atualização, compra, reposição dos mesmos onerando toda a cadeia produtiva	5- Extremamente grave	5- Precisa de ação imediata	1- Não irá mudar	25
6	Existência de poucos itens com especificação para testes/fabricação e revisão de componentes fornecida pela Vale	Materiais/ componentes com baixa confiabilidade na manufatura	5- Extremamente grave	4- É urgente	4- Irá piorar em pouco tempo	20
7	Baixa frequência de inspeção para materiais entrantes	Recebimento de materiais incorretos e sem periodicidade de inspeção correta causando danos no sobressalente. Atraso na montagem, alteração de projeto na área para adequar ao sobressalente incorreto	5- Extremamente grave	4- É urgente	4- Irá piorar em pouco tempo	20
8	Materiais críticos sem armazenamento adequado	Degradação do componentes dado que esta sujeito a intemperes, reduzindo vida útil dos mesmos	5- Extremamente grave	4- É urgente	4- Irá piorar em pouco tempo	20
9	Baixa acuracidade nos apontamentos	Apontamentos não refletem a realidade da paralisação, direcionando esforços incorretos de engenheiros, inspetores, e outros	5- Extremamente grave	5- Precisa de ação imediata	5- Irá piorar rapidamente	125
10	Tempo de otimização do plano de manutenção muito elevado	Alto tempo não atende a necessidade da área	5- Extremamente grave	5- Precisa de ação imediata	5- Irá piorar rapidamente	125
11	Baixa participação em SATs e novos desenvolvimento de materiais.	Não conhecimento da confiabilidade dos novos produtos entrantes	3- Grave	3- O mais rápido possível	4- Irá piorar em pouco tempo	36
12	Análise de falha é vista como punitiva	Imagem cria barreiras para que as informações chegue correta no tempo certo.	3- Grave	3- O mais rápido possível	5- Irá piorar rapidamente	45
13	Confiabilidade não está presente no momento para coleta de evidências	Sem informações corretas, é muito difícil a realização das TAFs	5- Extremamente grave	5- Precisa de ação imediata	5- Irá piorar rapidamente	125
14	Processos de inspeção sem fluxo de tratamento formal de PO padronizados	Processos de inspeção necessitam de um fluxo padronizado formal de tratamento de desvios para produção de conhecimento e transferência de conhecimento tácito para conhecimento explícito	5- Extremamente grave	5- Precisa de ação imediata	5- Irá piorar rapidamente	125
15	GPA sem foco de atuação para melhora da manutenibilidade(inexistência de indicadores de reparo)	As falhas humanas, logísticas e a dificuldade técnica para tratamento das falhas devido ao caráter multidisciplinar das falhas afetam a manutenibilidade das equipes e não existe processo formal de tratamento dos desvios.	3- Grave	3- O mais rápido possível	1- Não irá mudar	9
16	Análise de vida mediante stress sem software para análise	Análise de dados de vida mediante qualquer stress necessita de modelos matemáticos específicos contidos somente no software ALTA++. Weibull não contempla os modelos.	5- Extremamente grave	5- Precisa de ação imediata	5- Irá piorar rapidamente	125

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

Levando em consideração as matrizes GUT, RABE e CPD, cada fator crítico teve um peso na avaliação da equipe.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Forças	10	20	80	27	100																		
Fraquezas	10	16	20	36	10	24	36	15	75	125	45	48	125	80	4	4	25	125	12	25			
Oportunidades	12	225	45	625	125	625	225	125	375	45	225	75	25	625	45	125	135	225	135	45	125	75	625
Ameaças	10	125	12	24	25	20	20	20	125	125	36	45	125	125	9								

Após esta etapa é inserido o valor da correlação/influência de um fator sobre o outro seguindo a tabela abaixo:

Forças x Oportunidades	Forças x Ameaças	Fraquezas x Ameaças	Fraquezas x Oportunidades
Com que intensidade a força “x” contribui para o aproveitamento da oportunidade “y”?	Com que intensidade a força “x” contribui para a redução dos impactos da ameaça “y”?	com que intensidade a fraqueza “x” nos deixa mais vulneráveis aos impactos da ameaça “y”?	com que intensidade a fraqueza “x” dificulta o aproveitamento da oportunidade “y”?
Correlação baixa: 1 Correlação Média: 2 Correlação alta: 3			

Exemplo: Com que intensidade a força “Alta capacidade de entrega da equipe”, contribui para o aproveitamento da oportunidade “Aplicação de trabalhos referentes a análise de dados de vida”?

	Nota	Forças						Fraquezas																				T1	T2		
		1	2	3	4	5	T1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			T2	
O P O R T U N I D A D E S	1	375	3	3	3	3	3	15	3	3	3	1	1	3	1	1	1	3	2	1	1	3	1	1	1	1	1	1	3	35	
	2	225	3	3	3	3	3	15	3	3	3	1	1	3	1	1	1	3	2	1	1	3	1	1	1	1	1	1	3	35	
	3	45	3	3	3	3	3	15	3	3	3	1	1	3	1	1	1	3	2	1	1	3	1	1	1	1	1	1	3	35	
	4	625	3	3	3	3	3	15	3	2	2	1	1	3	1	1	1	3	2	1	1	3	1	1	1	1	1	1	3	33	
	5	125	3	3	3	3	3	15	3	2	2	1	1	3	1	1	1	3	2	1	1	3	1	1	1	1	1	1	3	35	
	6	625	3	3	3	3	3	15	3	2	2	1	1	3	1	1	1	3	2	1	1	3	1	1	1	1	1	1	3	35	
	7	225	3	3	3	3	3	15	3	3	3	1	1	3	1	1	1	3	2	1	1	3	1	1	1	1	1	1	3	37	
	8	125	2	3	2	2	3	12	1	1	1	1	1	3	1	1	1	3	2	1	1	3	1	1	1	1	1	1	3	29	
	9	375	1	3	3	3	3	13	1	2	2	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	26	
	10	45	1	1	2	3	3	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	3	24	
	11	225	3	3	3	3	3	15	1	2	2	1	1	3	1	2	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	3	29	
	12	75	1	2	3	2	3	11	3	3	3	1	1	3	1	3	1	3	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	3	37	
	13	25	2	3	2	2	3	12	3	2	2	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	28	
	14	625	3	3	3	3	3	15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22	
	15	45	1	1	2	1	3	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	22	
	16	125	1	1	1	1	3	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24	
	17	135	1	2	2	2	3	10	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	23	
	18	225	1	3	1	1	3	9	1	1	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	3	28	
	19	135	2	2	3	3	3	13	1	2	2	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	3	28	
	20	45	2	3	3	3	3	14	1	3	3	1	1	3	1	1	1	3	2	1	1	3	1	1	1	1	1	1	3	33	
	21	125	3	3	3	3	3	15	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	3	1	1	1	1	1	1	3	30	
	22	75	3	3	2	2	3	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	25	
	23	625	3	3	3	3	3	15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	22	
	T7	5275	51	60	59	58	69		19	43	42	42	23	23	54	23	34	23	56	37	23	23	58	23	23	23	23	23	56		
A M E A Ç A S	1	10	1	1	1	3	2	8	3	1	1	1	1	1	1	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	3	34
	2	125	3	3	2	1	3	12	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	1	1	1	3	1	1	3	3	3	3	3	46	
	3	12	2	2	2	2	3	11	1	2	2	3	3	1	1	3	3	3	1	1	1	3	3	1	3	3	1	1	3	40	
	4	24	3	3	3	3	3	15	3	3	3	1	1	2	3	1	3	1	3	1	1	3	1	3	3	3	3	1	3	43	
	5	25	2	3	3	2	3	13	3	3	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	1	3	1	3	3	3	3	1	3	44	
	6	20	3	3	1	2	1	10	1	3	3	1	3	3	1	3	1	1	3	1	1	3	1	2	3	2	1	1	3	38	
	7	20	2	2	2	2	2	10	1	3	3	1	3	2	3	1	3	3	1	1	1	3	2	3	3	3	1	1	1	40	
	8	20	1	1	3	1	1	7	1	1	1	1	3	1	3	1	3	1	3	2	1	3	2	3	3	1	1	1	1	36	
	9	125	3	3	3	3	2	14	3	2	2	1	1	3	1	1	3	1	1	1	1	3	3	1	1	3	3	3	3	38	
	10	125	3	3	3	3	3	15	3	1	1	1	3	1	1	1	1	3	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	29	
	11	36	2	3	2	3	3	13	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	25	
	12	45	3	3	3	3	3	15	3	1	1	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	38	
	13	125	3	3	2	1	1	10	1	3	3	1	2	3	1	3	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	33	
	14	125	3	3	2	2	3	13	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	
	15	9	3	3	2	2	3	13	3	3	3	1	1	3	1	1	3	3	1	1	1	3	1	1	3	3	3	3	3	42	
	T8	846	37	39	34	33	36		T10	31	33	33	21	31	30	27	25	37	29	23	16	15	37	23	25	36	29	23	29		

O valor de cada celula é a soma do fator 1 + fator 2 multiplicado pelo peso da correlação anterior. Exemplo: Força 1+ oportunidade 1 = 435 multiplicado pela correlação 3 = 1305.

	Forças						Fraquezas																				T2	T3		
	1	2	3	4	5	T1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
Nota	60	70	80	27	100	287	125	16	20	36	10	24	36	15	75	125	45	48	125	80	4	4	25	125	12	25	975	-688		
O P O R T U N I D A D E S	1	375	1305	1185	1365	1206	1425	6486	1500	1173	1185	411	385	1197	411	390	450	1500	840	423	500	1365	379	379	400	500	387	1200	14975	-8489
	2	225	855	735	915	756	975	4236	1050	723	735	261	235	747	261	240	300	1050	540	273	350	915	229	229	250	350	237	750	9725	-5489
	3	45	315	195	375	216	435	1536	510	183	195	81	55	207	81	60	120	510	180	93	170	375	49	49	70	170	57	210	3425	-1889
	4	625	2055	1935	2115	1956	2175	10236	2250	1282	1290	661	635	1947	661	640	700	2250	1340	673	750	2115	629	629	650	750	637	1950	22439	-12203
	5	125	555	435	615	456	675	2736	750	282	290	161	135	447	161	420	200	750	340	173	250	615	129	129	150	250	137	450	6219	-3483
	6	625	2055	1935	2115	1956	2175	10236	2250	1282	1290	661	635	1947	661	1920	700	2250	1340	673	750	2115	629	629	650	750	637	1950	23719	-13483
	7	225	855	735	915	756	975	4236	1050	723	735	261	235	747	261	720	300	1050	540	273	350	915	229	229	250	350	237	750	10205	-5969
	8	125	370	435	410	304	675	2194	250	141	145	161	135	447	161	140	200	750	340	173	250	615	129	129	150	250	137	450	5153	-2959
	9	375	435	1185	1365	1206	1425	5616	500	782	790	411	385	1197	411	390	450	1500	420	423	500	455	379	379	400	500	387	400	11059	-5543
	10	45	105	65	250	216	435	1071	170	61	65	81	55	69	81	60	120	340	90	93	170	250	49	49	70	170	57	210	2310	-1239
	11	225	855	735	915	756	975	4236	350	482	490	261	235	747	261	480	300	350	270	273	350	915	229	229	250	350	237	750	7809	-3573
	12	75	135	190	465	204	525	1519	600	273	285	111	85	297	111	170	150	600	360	123	200	310	79	79	100	200	87	300	4620	-3101
	13	25	170	135	210	104	375	994	450	82	90	61	35	147	61	40	100	150	70	73	150	105	29	29	50	150	37	150	2059	-1065
	14	625	2055	1935	2115	1956	2175	10236	750	641	645	661	635	1947	661	640	700	2250	670	673	750	705	629	629	650	750	637	650	14975	-4739
	15	45	105	65	250	72	435	927	170	61	65	81	55	69	81	60	120	170	90	93	170	375	49	49	70	170	57	210	2125	-1198
	16	125	185	145	205	152	675	1362	250	141	145	161	135	149	161	420	200	750	170	173	250	205	129	129	150	250	137	150	4255	-2893
	17	135	195	310	430	324	705	1964	260	151	155	171	145	318	171	150	210	260	180	183	260	430	139	139	160	260	147	320	4209	-2245
	18	225	285	735	305	252	975	2552	350	241	245	261	235	747	261	240	300	1050	270	273	350	915	229	229	250	350	237	750	7783	-5231
	19	135	390	310	645	486	705	2536	260	302	310	171	145	477	171	150	210	260	180	183	260	645	139	139	160	260	147	480	5049	-2513
	20	45	210	195	375	216	435	1431	170	183	195	81	55	207	81	60	120	510	180	93	170	375	49	49	70	170	57	210	3085	-1654
	21	125	555	435	615	456	675	2736	750	141	145	161	135	149	161	140	200	750	510	173	250	615	129	129	150	250	137	450	5525	-2789
	22	75	405	285	310	204	525	1729	200	91	95	111	85	99	111	90	150	600	240	123	200	465	79	79	100	200	87	100	3305	-1576
T7	4650	14450	14315	17280	14210	20550	80805	T9	14840	9421	9585	5442	4870	13007	5442	7720	6300	19650	9160	5706	7400	15795	4738	4738	5200	7400	4914	12700	174028	-93223
A M E A Ç A S	T4																										T5		T6	
	1	10	70	30	90	111	220	521	405	26	30	46	20	34	46	75	255	405	55	58	135	90	14	14	105	405	22	105	2345	-1824
	2	125	555	435	410	152	675	2227	750	423	435	483	135	447	161	420	600	750	170	173	250	615	129	129	450	750	411	450	8131	-5904
	3	12	144	64	184	78	336	806	137	56	64	144	66	36	48	81	261	411	57	60	137	276	48	16	111	137	214	111	2281	-1475
	4	24	252	132	312	153	372	1221	447	120	132	60	34	96	180	39	297	149	207	72	149	312	28	84	147	447	36	147	3183	-1962
	5	25	170	135	315	104	375	1099	450	123	135	61	105	49	183	40	300	150	210	73	150	315	29	87	150	450	37	150	3247	-2148
	6	20	240	120	100	94	120	674	145	108	120	56	90	132	168	35	285	145	65	68	145	300	24	48	135	290	32	45	2436	-1762
	7	20	160	80	200	94	240	774	145	108	120	56	90	88	168	35	285	435	65	68	145	300	48	72	135	145	32	45	2585	-1811
	8	20	80	40	300	47	120	587	145	36	40	56	90	44	168	35	285	145	195	136	145	300	48	72	135	145	32	45	2297	-1710
	9	125	555	435	615	456	675	2511	750	282	290	161	135	447	161	140	600	250	170	173	250	615	387	129	150	750	411	450	6701	-4190
	10	125	555	435	615	456	675	2736	750	141	145	161	105	149	161	140	200	750	340	173	250	205	129	129	300	500	137	150	5315	-2579
	11	36	192	168	232	189	408	1189	161	52	56	72	92	120	72	51	111	161	162	84	161	116	40	80	122	161	48	61	1983	-794
	12	45	315	195	375	216	435	1536	510	61	65	243	165	207	243	180	360	510	90	93	170	375	49	49	70	170	57	70	3737	-2201
	13	125	555	435	410	152	225	1777	250	423	435	161	170	447	161	420	200	250	170	173	250	615	387	129	150	250	137	150	5428	-3651
	14	125	555	435	410	304	675	2379	250	423	435	161	135	149	161	140	200	250	170	173	250	205	129	129	300	250	411	150	4471	-2092
15	9	207	87	178	72	327	871	402	75	87	45	19	99	45	24	252	402	54	57	134	267	13	13	102	402	63	102	2657	-1786	
T8	846	4605	3226	4746	2678	5653	20908	T10	5697	2457	2589	1966	1851	2544	2126	1855	4491	5163	2180	1634	2721	4906	1502	1180	2562	5252	1890	2231	56797	-35889
T11	5496	19055	17541	22026	16888	26203	101713	T12	20537	11878	12174	7408	6721	15551	7568	9575	10791	24813	11340	7340	10121	20701	6240	5918	7762	12652	6804	14931	230825	-129112

A seguir será mostrado o significado de cada indicador “T” e como calcular o índice de favorabilidade.

T1	T2	T3	T4	T5	T6
Oportunidades externas com mais possibilidade de captação em razão do apoio das Forças institucionais (soma da linha vertical decada Oportunidade do quadrante das Forças)	Oportunidades externas que sofreram perdas em sua possibilidade de captação em razão das Fraquezas institucionais (soma da linha vertical de cada Oportunidade do quadrante das Fraquezas)	Oportunidades externas mais importantes levando-se em conta o conjunto de Forças e Fraquezas institucionais (quanto mais positivo, maior a importância) (resultado da subtração do T1 – T2)	Ameaças externas que tiveram o potencial de impacto diminuído em razão das Forças institucionais (soma da linha vertical de cada Ameaça do quadrante das Forças)	Ameaças externas que tiveram o potencial de impacto aumentado em razão das Fraquezas institucionais (soma da linha vertical de cada Ameaça do quadrante das Fraquezas)	Ameaças externas mais importantes levando-se em conta o conjunto de Forças e Fraquezas institucionais (quanto mais negativo, maior a importância = resultado da subtração do T4 – T5)
T7	T8	T9	T10	T	

A seguir será apresentado os fatores críticos priorizados ao confrontar forças, fraquezas, ameaças e oportunidades.

Alavancagem		Forças						
		1	2	3	4	5	T1	
		60	20	80	27	100	287	
O P O R T U N I D A D E S	4	625	2055	1935	2115	1956	2175	10236
	6	625	2055	1935	2115	1956	2175	10236
	14	625	2055	1935	2115	1956	2175	10236
	1	375	1305	1185	1365	1206	1425	6486
	9	375	435	1185	1365	1206	1425	5616
	2	225	855	735	915	756	975	4236
7	225	855	735	915	756	975	4236	
11	225	855	735	915	756	975	4236	
5	125	555	435	615	456	675	2736	
21	125	555	435	615	456	675	2736	

Limitações		Fraquezas											
		10	14	1	6	20	3	2	11	8	13	T2	
		125	80	125	24	25	20	16	45	15	125	975	
O P O R T U N I D A D E S	6	625	2250	2115	2250	1947	1950	1290	1282	1340	1920	750	23719
	4	625	2250	2115	2250	1947	1950	1290	1282	1340	640	750	22439
	14	625	2250	705	750	649	650	645	641	670	640	750	14975
	9	375	1500	455	500	1197	400	790	782	420	390	500	11059
	1	375	1500	1365	1500	1197	1200	1185	1173	840	390	500	14975
	7	225	1050	915	1050	747	750	735	723	540	720	350	10205
2	225	1050	915	1050	747	750	735	723	540	240	350	9725	
11	225	350	915	350	747	750	490	482	270	480	350	7809	
18	225	1050	915	350	747	750	245	241	270	240	350	7783	
5	125	750	615	750	447	450	290	282	340	420	250	6219	

Vulnerabilidade		Forças						
		1	2	3	4	5	T4	
		60	20	80	27	100	471	
A M E A Ç A S	10	125	555	435	615	456	675	2736
	9	125	555	435	615	456	450	2511
	14	125	555	435	410	304	675	2379
	2	125	555	435	410	152	675	2227
	13	125	555	435	410	152	225	1777
	12	45	315	195	375	216	435	1536
4	24	252	132	312	153	372	1221	
11	36	192	168	232	189	408	1189	
5	25	170	135	315	104	375	1099	
3	12	144	64	184	78	336	806	

Problemas		Fraquezas											
		1	18	10	14	9	13	3	17	6	2	T5	
		125	125	125	80	75	125	20	25	24	16	975	
A M E A Ç A S	2	125	750	750	750	615	600	250	435	450	447	423	8131
	4	125	750	750	250	615	600	250	290	150	447	282	6701
	5	125	250	250	250	615	200	250	435	150	447	423	5428
	6	125	750	500	750	205	200	250	145	300	149	141	5315
	7	125	250	250	250	205	200	250	435	300	149	423	4471
	9	45	510	170	510	375	360	170	65	70	207	61	3737
10	25	450	450	150	315	300	150	135	150	49	123	3247	
12	24	447	447	149	312	297	149	132	147	96	120	3183	
13	20	145	145	435	300	285	145	120	135	88	108	2585	
14	20	145	290	145	300	285	145	120	135	132	108	2436	

O foco do principal do trabalho é criar iniciativas para todas as forças, fraquezas, ameaças e oportunidades listadas acima e as mesmas serão listadas abaixo.

➤ Iniciativas imediatas

Iniciativa estratégica	O quê	Área	predecessora	Tempo
Análise quantitativas	Estudo de confiabilidade de cabo de aço dos viradores	Confiabilidade	110	Imediatas
Análise quantitativas	Estudo de confiabilidade de chapas de desgaste	Confiabilidade	110	Imediatas
Análise quantitativas	Estudo de confiabilidade de rolamentos DN04 e DN05	Confiabilidade	110	Imediatas
Análise quantitativas	Estudo de confiabilidade de sensores de grampo do virador	Confiabilidade	110	Imediatas
Análise quantitativas	Estudo de confiabilidade rolos de carga	Confiabilidade	110	Imediatas
Análise quantitativas	Estudo piloto de confiabilidade da rota singela da EP10	Confiabilidade	14	Imediatas
Análise quantitativas	Avaliar compra do Weibull com o ALTA++	Confiabilidade		Imediatas
Análise quantitativas	Avaliar planilha de componentes de custeio e avaliar onde pode ser aplicado outros estudos de degradação	Gestão econômica		Imediatas
Análise quantitativas	Disponibilizar softwares FREE como reliability toolkit , PROCONF, PROSIS	Confiabilidade	127	Imediatas
Análise quantitativas	Estudar os apontamentos atuais de elétrica, mecânica, automação, vulcanização e agrupá-los em sistemas para análise e modelagem de sistemas	Confiabilidade		Imediatas
Análise quantitativas	Realizar levantamento juntamente a área de materiais sobre quais sats acompanhar	Materiais	110	Imediatas
Análises Qualitativas	Revisar a matriz de criticidade dos ativos do Porto e revisar a estratégia de manutenção	Engenharia Central		Imediatas
Atingimento da performance do ativo	Propor alteração da estratégia de atuação da manutenção (processos) mediante perda de indicadores de performance (MC/TO) seguindo a estratégia de manutenção que suporte o plano diretor	Inspeção	26	Imediatas
Banco de dados saneado	Avaliar estrutura se é viável aquisição de profissional para realização de movimentação de componentes no SAP , codificação, tagamento, cadastramento de sobressalentes no SAP	Materiais	101	Imediatas
Banco de dados saneado	Implementar telas de perfis de perdas no GVP dashboard para porto tubarão	Confiabilidade		Imediatas
Banco de dados saneado	Sanear perfis de catálogo de SAP	Engenharia Central		Imediatas
Capacitar e reconhecer pessoas	Solicitar verba para participação em seminários de confiabilidade nacionais e certificação CRP	Confiabilidade	101	Imediatas
Capacitar e reconhecer pessoas	Solicitar treinamento G400 da realsoft in company (\$40000)	Confiabilidade	54	Imediatas
Capacitar e reconhecer pessoas	Treinamento para equipe na trilha técnica do módulo BW do SAP	Confiabilidade		Imediatas
Capacitar e reconhecer pessoas	Treinar equipe em softwares FREE como reliability toolkit , PROCONF, PROSIS	Confiabilidade		Imediatas
Garantir capital tecnológico	Adquirir notebook/desktop(s) TA para acesso a lógicas das máquinas de caga geral e minerio de ferro tanto para análise de falhas, como para estudos futuros como FTA, FMEA , RCM	Confiabilidade		Imediatas
Garantir capital tecnológico	Avaliar a necessidade de adquirir novos rádios	Confiabilidade		Imediatas
Garantir capital tecnológico	Avaliar com supervisor a necessidade de alteração de estrutura baseado nos novos produtos	Confiabilidade		Imediatas
Garantir capital tecnológico	Preparar rádio, infraestrutura para recebimento de chamados do CCM na engenharia	CCM	46	Imediatas
Gestão de sobressalentes e materiais	Avaliar alteração de estrutura inserindo na confiabilidade pessoas capacitadas no processo de sobressalentes e materiais	Confiabilidade	101	Imediatas
Produtos com agilidade	Avaliar estrutura para contratação de profissional de sistemas/programação com conhecimento também de SAP	Confiabilidade	101	Imediatas
Produtos com agilidade	Realizar estudo de falhas mecânicas no porto de tubarão e reavaliar necessidade de alteração de estrutura	Confiabilidade		Imediatas
Produtos com agilidade	Avaliar a juntamente com a área (inspeção) a possibilidade de ter engenheiros focados para análises de falha e MCSs diários e semanais	Inspeção	25	Imediatas
Produtos com excelencia	Estudar viabilidade de alteração de estrutura inserindo estrutura Tubarão/orientador operacional	Confiabilidade	101	Imediatas
Produtos com excelencia	Solicitar retorno das solicitações feitas no início do ano sobre XFRACAS juntamente a engenharia central	Engenharia Central		Imediatas
Produtos com excelencia	Solicitar verba para viagens nacionais para visitar empresas com foco em melhoria contínua, confiabilidade, materiais, processos	Confiabilidade	101	Imediatas
Produtos com excelencia	Criar perfil de custos por processo e ativo	Gestão econômica		Imediatas
Redução de custos	Mapear os itens de maior custo por processo e traçar iniciativas para redução	Gestão econômica	17	Imediatas
Redução de custos	Agendar reunião mensal para tratamento de melhorias e desvios	Engenharia Central	29	Imediatas
Redução de custos	Ajustar fluxo de atendimento de PO do CCM acrescentando gatilhos para convocação da confiabilidade nas paralisações que geram TAFs ou com criticidade muito elevada		46	Imediatas
VPS/FMDS/ISO 55000	Criar modos de falha críticos para o CCM acionar a confiabilidade			Imediatas
VPS/FMDS/ISO 55000	Criar relatório de falhas estratificando por níveis ABC por processo para justificar a decisão de transferência do perfil de perdas para a área	Confiabilidade		Imediatas

➤ Iniciativas com início após 1 mês de aprovação do plano estratégico

Iniciativa estratégica	O quê	Área	predecessora	Tempo
Análise quantitativas	Estudo de confiabilidade de acionamentos de translação	Confiabilidade	110	1 mês
Análise quantitativas	Realizar análise de degradação das lâminas das caçambas da recuperadora RC05	Confiabilidade	110	1 mês
Análise quantitativas	Criar planilha padrão de análise de acidentes por tipo	Confiabilidade		1 mês
Análise quantitativas	Criar planilha padrão de análise de ocorrências portuárias por natureza	Confiabilidade		1 mês
Análise quantitativas	Estudo de confiabilidade de compressores TPD	Confiabilidade	110	1 mês
Análise quantitativas	Estudo de confiabilidade de inversores de frequência	Confiabilidade	110	1 mês
Análise quantitativas	Estudo de confiabilidade dos GMs	Confiabilidade	110	1 mês
Análise quantitativas	Estudo de confiabilidade dos sensores de posicionador do carro posicionador	Confiabilidade	110	1 mês
Análise quantitativas	Estudo de degradação de aba de rodeiro	Confiabilidade	110	1 mês
Análise quantitativas	Estudo de degradação de cabo de aço de caçamba DNs	Confiabilidade	110	1 mês
Análise quantitativas	Estudo de degradação de cabo de aço de contra-peso	Confiabilidade	110	1 mês
Análise quantitativas	Estudo de degradação de cabo de aço de elevação de máquinas	Confiabilidade	110	1 mês
Análise quantitativas	Estudo de degradação de correia transportadora	Confiabilidade	110	1 mês
Análise quantitativas	Estudo de degradação de lâminas de recuperadora	Confiabilidade	110	1 mês
Análise quantitativas	Estudo de degradação de óleo em acoplamentos fixos	Confiabilidade		1 mês
Banco de dados saneado	Contratar consultoria para levantamento da melhor forma possível (relisoft) de interface entre TA, TI, GPV , FRACAS, BW (Estudar forma automatizada de lançamento de paradas de manutenção para transformar em dados de confiabilidade)	Confiabilidade		1 mês
Banco de dados saneado	Criar relatórios diários, semanais, semanais acumulados, e mensais automatizados no VIP	Produtividade		1 mês
Banco de dados saneado	Implantar gestão de notas de manutenção	PCM		1 mês
Capacitar e reconhecer pessoas	Criar treinamento prático de confiabilidade com cases atuais para nivelamento de conhecimento . Alem disso maximiza o aproveitamento em outros treinamentos externos	Confiabilidade		1 mês
Disponibilidade	Análise de viabilidade de criação de um sistema de controle dos ativos	Sistemas	3	1 mês
Disponibilidade	Criar relatório de indicadores de tempo de reparo por processo, ativo, modo de falha, modalidade por turma, turno, final de semana e dia de semana	Confiabilidade		1 mês
Garantir capital tecnológico	Operacionalizar as licenças atuais do webull (15 licenças com problema de acesso)	Engenharia Central		1 mês
Garantir capital tecnológico	Viabilizar compra de licenças para blocksim e RCM++	Engenharia Central		1 mês
Gestão de sobressalentes e materiais	Estudar juntamente com area de materiais a possibilidade de cadastramento de todos materiais possíveis no porto	Materiais	3	1 mês
VPS/FMDS/ISO 55000	Criar checklist padrão de avaliação de todas as máquinas do porto (replicação de praia mole)	Inspeção		1 mês
VPS/FMDS/ISO 55000	Criar template de relatório para os estudos de confiabilidade	Confiabilidade	13	1 mês
VPS/FMDS/ISO 55000	Elaborar controle de análise de óleo em redutores redutor(evolução)	Inspeção	110	1 mês
VPS/FMDS/ISO 55000	Elaborar controle de cabo de alta tensão (tangente de delta)	Inspeção	110	1 mês
VPS/FMDS/ISO 55000	Elaborar controle de resistencia de isolamento em motores	Inspeção	110	1 mês
VPS/FMDS/ISO 55000	Elaborar controle de temperatura e pressão em compressores	Inspeção	110	1 mês
VPS/FMDS/ISO 55000	Elaborar controle de temperatura em Painéis elétricos	Inspeção	110	1 mês
VPS/FMDS/ISO 55000	Mapaeaar quais indicadores de confiabilidade para os diversos produtos	Confiabilidade	101	1 mês
VPS/FMDS/ISO 55000	Realização de reunião mensal para ajuste de planos de manutenção	Engenharia Central		1 mês
VPS/FMDS/ISO 55000	Sistematizar FMDS para confrontamento de perdas, custo para realização de priorização para tratamento	Gestão econômica	17	1 mês

➤ Iniciativas com início após 2 a 6 meses após aprovação do plano estratégico

Iniciativa estratégica	O quê	Área	predecessora	Tempo
Análise quantitativas	Estudo de confiabilidade de motoredutores	Confiabilidade	110	2 a 6 meses
Análise quantitativas	Estudo de confiabilidade de motovibradores	Confiabilidade	110	2 a 6 meses
Análise quantitativas	Criação de pontos de medição no SAP para registro de horímetro de componentes críticos	PCM		2 a 6 meses
Análise quantitativas	Estudo de confiabilidade de acionamento da RC06 (cabo e dromo - elevação)	Confiabilidade	110	2 a 6 meses
Análise quantitativas	Modelagem do sistema da descaga Grãos TPD	Operação	14	2 a 6 meses
Análise quantitativas	Modelagem do sistema da descaga Minerio de Ferro	Operação	14	2 a 6 meses
Análise quantitativas	Modelagem do sistema da desembarque TPM	Operação	14	2 a 6 meses
Análise quantitativas	Modelagem do sistema da desembarque/Embarque fertilizante TPD	Operação	14	2 a 6 meses
Análise quantitativas	Modelagem do sistema da embarque Grãos TPD	Operação	14	2 a 6 meses
Análise quantitativas	Modelagem do sistema da embarque Minerio de Ferro	Operação	14	2 a 6 meses
Análise quantitativas	Modelagem do sistema da embarque TPM (expedição)	Operação	14	2 a 6 meses
Análise quantitativas	Replicar trabalhos aplicados após conferencia entre portos	Confiabilidade	99	2 a 6 meses
Análises Qualitativas	Hierarquizar os ativos do porto a partir da nova divisão feita pela engenharia no RCM++	Confiabilidade		2 a 6 meses
Análises Qualitativas	Classificar os sistemas de ativos/componentes conforme criticidade para aplicar técnica de RCM	Confiabilidade	80	2 a 6 meses
Análises Qualitativas	Criação da norma de FMEA do Porto	Engenharia Central	101	2 a 6 meses
Análises Qualitativas	Criação da norma de RCM do Porto	Engenharia Central	81	2 a 6 meses
Análises Qualitativas	Definir onde aplicar o RCM	Confiabilidade	84	2 a 6 meses
Banco de dados saneado	Crear relatórios diários, semanais, semanais acumulados, e mensais automatizados no BW	Produtividade	2	2 a 6 meses
Capacitar e reconhecer	Avaliar criação de programa de reconhecimento via CSP de ações executadas de TAFs e perfis de perdas			2 a 6 meses
Capacitar e reconhecer	Realizar levantamento do calendario mundial de simposios e feiras	Confiabilidade		2 a 6 meses
Capacitar e reconhecer	Solicitar 1 viagem por ano internacional para equipe divulgar trabalhos e trazer cases reais e replicaveis	Confiabilidade	124	2 a 6 meses
Disponibilidade	Crear curvas de manutenibilidade para TOP 10 piores MTRTs e conduzir reuniões de FMEA de Processo por atividade	Corretiva GPA	48	2 a 6 meses
Garantir capital tecnológico	Utilizar o Xfracas para realização de analise de falhas	Engenharia Central	29	2 a 6 meses
Gestão de sobressalentes e	Crear pareto dos materiais mais revisados	Materiais		2 a 6 meses
Gestão de sobressalentes e	Estudar processo de revisão de componetes junto a area de materiais	Materiais	37	2 a 6 meses
Gestão de sobressalentes e	Solicitar aos fabricante as premissas de testes de vida dos itens ou seja a função densidade de probabilidade com seus parâmetros	Confiabilidade		2 a 6 meses
Gestão de sobressalentes e	Automatizar relatório de indicadores de tempo de reparo por processo, ativo, modo de falha, modalidade por turma, turno, final de semana e dia de semana	Produtividade	48	2 a 6 meses
Produtos com agilidade	Realizar conferencia de confiabilidade entre os portos para levantamento de cases que possam ser replicados	Confiabilidade		2 a 6 meses
Produtos com excelencia	Avaliar a possibilidade de criar estrutura de componentes no sistema SAP a apartir de TAFs e/ou perfis de perdas	Materiais		2 a 6 meses
Produtos com excelencia	Crear fluxo de atendimento de paralisações e acionamento da cadeia de ajuda (gatilho para TAF, ocorrencia portuaria e acidentes)	Inspeção	101	2 a 6 meses
Produtos com excelencia	Relizar levantamento das principais TAFs no ano de 2015/16 que necessitariam de analise de laboratorio e elaborar orçamento para 2017	Confiabilidade		2 a 6 meses
Produtos com excelencia	Agendar forum de confiabilidade em junho / 17	Confiabilidade		2 a 6 meses
VPS/FMDS/ISO 55000	Elaborar controle de analise em rolamentos	Inspeção	110	2 a 6 meses
VPS/FMDS/ISO 55000	Estudar como se cria um plano diretor	Confiabilidade		2 a 6 meses
VPS/FMDS/ISO 55000	Estudar planos diretores 2015,2016 e 2017	Confiabilidade	116	2 a 6 meses
VPS/FMDS/ISO 55000	Estudar planos diretores da DIPE, Portos Norte, Ferrovía	Confiabilidade	117	2 a 6 meses
VPS/FMDS/ISO 55000	Propor melhorias no plano diretor do Porto usando processos determinados pela confiabilidade	Engenharia Central	118	2 a 6 meses
VPS/FMDS/ISO 55000	Realizar novo estudo para revisão do PRO da confiabilidade	Confiabilidade	101	2 a 6 meses
VPS/FMDS/ISO 55000	Sistematizar demanda de estudos de confiabilidade	Confiabilidade	101	2 a 6 meses

➤ Iniciativas que podem ser iniciadas após 6 meses de aprovação do plano estratégico

	O quê	Área	predecessora	Tempo
Análises Qualitativas	Aplicar RCM em compressores de carga geral	Confiabilidade	85	6 meses
Análises Qualitativas	Aplicar RCM em desviadores de carga geral	Confiabilidade	85	6 meses
Análises Qualitativas	Crear matriz de criticidade dos componetes	Materiais		6 meses
Capacitar e reconhecer	Crear sala(s) ou área(s) de criação do conhecimento na engenharia e nas áreas remotas	Inspeção		6 meses
Capacitar e reconhecer	Realizar treinamentos no VES para movimentação de componentes	Confiabilidade	101	6 meses
Gestão de sobressalentes e	Crear especificações para os top 10 materiais de eletrica e mecanica	Materiais	37	6 meses

APÊNDICE D - CRITÉRIO PARA CALCULO DE CRITICIDADE DOS ATIVOS

A seguir será apresentado as matrizes e critérios de priorização para cálculo da criticidade de cada ativo seguindo os pilares de:

- Atendimento ao processo
- Saúde e segurança
- Meio ambiente
- Custos

Atendimento ao processo: Efeitos da falha sobre o processo produtivo.

- 1-Interrompe totalmente a produção
- 2-Interrompe parcialmente a produção
- 3-Não interrompe a produção

Flexibilidade	CRITÉRIOS	Utilização do Equipamento				Nível de Importancia	
			Até o 1° Quartil	Até o 2° Quartil	Até o 3° Quartil		Até o 4° Quartil
		Pesos	2	3	5		8
	Perda Total de Capacidade	16	32	48	80	128	Muito Alto > 64
	Rota Alternativa com Perda de Capacidade	8	16	24	40	64	Alto (32 a 48)
	Rota Alternativa sem Perda de Capacidade	4	8	12	20	32	Médio (20 a 24)
	Redundância (Stand by)	2	4	6	10	16	Baixo (10 a 16)
							Muito Baixo (4 a 8)

Utilização	
Continuada -2	Exposição permanente, devido ao continuo acesso de varias pessoas durante todo periodo operacional do ativo
Frequente-3	Exposição continua de uma pessoa durante todo periodo operacional do ativo
Ocasional-5	Exposição de uma pessoa superior 1vez/semana durante parte do periodo operacional do ativo
Esporádico-8	Exposição de uma pessoa superior 1vez/mês e inferior a 1 vez/semana durante parte do periodo operacional do ativo
Raro-13	Exposição de uma pessoa inferior a 1vez/semestre e inferior a 1 vez/mês durante parte do periodo operacional do ativo

Flexibilidade	
Até o 1° Quartil	Ativos que tem até 15% de utilização
Até o 2° Quartil	Ativos que tem utilização de 15% a 29%
Até o 3° Quartil	Ativos que tem utilização de 29% a 43%
Até o 4° Quartil	Ativos que tem utilização acima de até 63%

Saúde e segurança: Riscos potenciais para as pessoas

- 1-Envolve riscos de proporções graves
- 2-Envolve riscos de proporções moderadas
- 3-Envolve riscos de proporções mínimas

Severidade	Pesos	Frequencia de Exposição					Nível de Importancia
		Raro	Esporádico	Ocasional	Frequente	Continuada	
		2	3	5	8	13	
Altissimo	32	64	96	160	256	416	Muito Alto > 160
Alta	16	32	48	80	128	208	Alto (80 a 128)
Médio	8	16	24	40	64	104	Médio (26 a 64)
Baixo	4	8	12	20	32	52	Baixo (10 a 24)
Baixissimo	2	4	6	10	16	26	Muito Baixo (4 a 8)

Frequencia	
Continuada -2	Exposição permanente, devido ao continuo acesso de varias pessoas durante todo periodo operacional do ativo
Frequente-3	Exposição continua de uma pessoa durante todo periodo operacional do ativo
Ocasional-5	Exposição de uma pessoa superior 1vez/semana durante parte do periodo operacional do ativo
Esporádico-8	Exposição de uma pessoa superior 1vez/mês e inferior a 1 vez/semana durante parte do periodo operacional do ativo
Raro-13	Exposição de uma pessoa inferior a 1vez/semestre e inferior a 1 vez/mês durante parte do periodo operacional do ativo

Severidade	
Altissimo-2	Ativos submetidos a alta pressão, Alta tensão, Altas temperaturas. Ex.: Fornos, Caldeiras, Vasos de Pressão, Subestações
Alta-4	Ativos de içamento e elevação de carga. Ex.: Guindastes de pier, Descarregadores de Navios
Médio-8	Ativos de movimentação de produtos industriais. Ex.: Recuperadoras, Carregadores de Navios, Empilhadeiras, Transportadores
Baixo-16	Ativos móveis. Ex.: Caminhões, Tratores, Pás Carregadeiras
Baixissimo-32	Ativos de controle Ambiental e apoio. Ex.: Sistemas de aspersão, lavadores, de carros, cas de bombas

Meio ambiente: Riscos potenciais para o meio ambiente.

- 1-Envolve riscos de proporções graves >64
- 2-Envolve riscos de proporções moderadas $25 < x < 64$
- 3-Envolve riscos de proporções mínimas <25

Severidade	CRITÉRIOS	Pesos	Frequencia				Nível de Importancia	
			Remota	Pouco Provavel	Ocasional	Provavel		Frequente
			2	3	5	8		13
Catastrófica	32	64	96	160	256	416	Muito Alto > 160	
Critica	16	32	48	80	128	208	Alto (80 a 128)	
Grave	8	16	24	40	64	104	Médio (26 a 64)	
Moderada	4	8	12	20	32	52	Baixo (10 a 24)	
Leve	2	4	6	10	16	26	Muito Baixo (4 a 8)	

Frequencia	
REMOTA (2)	Ocorrência não esperada ao longo da vida útil da instalação ($X < 1/100$ ANOS).
POUCO PROVÁVEL (3)	01 (uma) ocorrência ao longo da vida útil da instalação ($1/10$ ANOS $> X > 1/100$ ANOS).
OCASIONAL (5)	No máximo 01 (uma) ocorrência a cada de dez anos de operação ($1/ANO > X > 1/10$ ANOS).
PROVÁVEL (8)	01 (uma) ocorrência ao longo de um ano de operação (1 /ANO).
FREQÜENTE (13)	Mais de uma ocorrência ao longo de um ano de operação ($X > 1$ /ANO).

Severidade	Meio Ambiente
LEVE (2)	Impacto ambiental não significativo.
MODERADA (4)	Dano ambiental restrito à área do empreendimento, afetando ecossistemas comuns.
GRAVE (8)	Dano ambiental restrito à área do empreendimento, afetando ecossistemas comuns que abrigam espécies raras e/ou ameaçadas ou afetando ecossistemas raros e/ou ameaçados.
CRÍTICA (16)	Dano ambiental que alcança áreas externas à instalação, afetando ecossistemas comuns.
CATASTRÓFICA (32)	Dano ambiental que alcança áreas externas à instalação, afetando ecossistemas comuns que abrigam espécies raras e/ou ameaçadas ou afetando ecossistemas raros e/ou ameaçados.

Custos: Valores envolvidos nos reparos.

- 1-Elevados
- 2-Moderados
- 3-Baixos

Matriz de Custo			Perda Produtiva, em toneladas, devido Manutenção Corretiva (Horas Corretivas x Capacidade de Projeto do Ativo)				Nível de Importância
Potencial Impacto na Receita devido paradas operacionais		Pesos	Até o 1° Quartil	Até o 2° Quartil	Até o 3° Quartil	Até o 4° Quartil	
				2	3	5	8
	Crítica	16	32	48	80	128	Alto (32 a 48)
	Grave	8	16	24	40	64	Médio (20 a 24)
	Moderada	4	8	12	20	32	Baixo (10 a 16)
	Leve	2	4	6	10	16	Muito Baixo (4 a 8)

Frequência	Descrição
Peso da distribuição (2)	1º quartil, corresponde à separação dos primeiros 25% - ¼ de elementos dos custos até 24.000,00 de perdas
Peso da distribuição (3)	2º quartil, coincide com a mediana 50% - ½ dos elementos dos custos até 80.000,00 de perdas
Peso da distribuição (5)	3º quartil, corresponde a 75% -¾ dos elementos dos custos até 389.000,00 de perdas
Peso da distribuição (8)	4º quartil, corresponde a maior ¼ dos elementos dos custos até 2.400.000,00 de perdas

Severidade	Potencial Impacto na Receita devido paradas operacionais
LEVE (2)	Não causa impacto em processo produtivo de clientes internos e externos
MODERADA (4)	Impacta em processo produtivo de cliente interno e necessita de recurso extra para reestabelecimento da condição operacional. Ex.: Parada de uma recuperadora que escoar toda produção de uma usina de pelotização ocasionará em produto parado no pátio e impactará no processo produtivo da usina, então será necessário a utilização de pás carregadeiras e caminhões para o escoamento do material do pátio.
GRAVE (8)	Impacta em processo produtivo de cliente externo e necessita de recurso extra para reestabelecimento da condição operacional. Ex.: Parada de um transportador que abastece com carvão uma siderurgica impactará no processo fabricação do aço, então será necessário a utilização de pás carregadeiras e caminhões para o escoamento do material do pátio para esta siderurgica.
CRÍTICA (16)	Impacta em processo produtivo de cliente externo sujeito à multa e necessita de recurso extra para reestabelecimento da condição operacional. Ex.: Parada de um carregador de navio impactará no tempo de permanência deste navio no porto, então será necessário a utilização de guindastes ou outros recursos para carregamento do material e além disso, será pago multa devido ao tempo excedente deste navio no porto.

APÊNDICE E - INICIATIVAS PRIORIZADAS DE ACORDO COM CADA ETAPA DE IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE CONFIABILIDADE

A seguir será apresentado as iniciativas oriundas do planejamento estratégico que foram priorizadas e estratificadas de acordo com cada etapa de implementação.

Etapa 1 - Iniciativas

Etapa	Entrega	Iniciativa	Objetivo estratégico	Predecessora	Area
ETAPA 1	Taxonomia/Hierarquização baseado na ISO 14224	Avaliar estrutura se é viável aquisição de profissional para realização de movimentação de componentes no SAP , codificação, tagamento, cadastramento de sobressalentes no SAP	Banco de dados saneado	103	4,3,16
		Avaliar alteração de estrutura inserindo na confiabilidade pessoas capacitadas no processo de sobressalentes e materiais	Gestão de sobressalentes e materiais	103	4
		Hierarquizar os ativos do porto a partir da nova divisão feita pela engenharia no RCM++	Analises Qualitativas	0	4
		Estudar juntamente com area de materiais a possibilidade de cadastramento de todos materiais possíveis no porto	Gestão de sobressalentes e materiais	3	4,16,17,3
		Avaliar a possibilidade de criar estrutura de componentes no sistema SAP a partir de TAFs e/ou perfis de perdas	Produtos com excelencia	0	4,3,16,13
		Estudar processo de revisão de componetes junto a area de materiais	Gestão de sobressalentes e materiais	37	4,3,13
		Criar pareto dos materiais mais revisados	Gestão de sobressalentes e materiais	0	4,3,13
		Criar especificações para os top 10 materiais de eletrica e mecanica	Gestão de sobressalentes e materiais	37	4,3,13
		Solicitar aos fabricante as premissas de testes de vida dos itens ou seja a função densidade de probabilidade com seus parâmetros	Gestão de sobressalentes e materiais	0	4,3,16

Etapa 2 - Iniciativas

Etapa	Entrega	Iniciativa	Objetivo estratégico	Predecessora	Area
ETAPA 2	Redefinição da criticidade dos ativos	Revisar a matriz de criticidade dos ativos do Porto e revisar a estrategia de mannuentção	Analises Qualitativas	0	4,16
	Redefinição da criticidade de componentes	Criar matriz de criticidade dos componetes	Analises Qualitativas	0	4,16,3,1

Etapa 3 - Iniciativas

Etapa	Entrega	Iniciativa	Objetivo estratégico	Predecessora	Area
ETAPA 3	FMEA para todos os componentes/ativos	Criação da norma de FMEA do Porto	Analises Qualitativas	103	4,16
		Sanear perfis de catálogo de SAP	Banco de dados saneado	0	4,16
		Realizar conferencia de confiabilidade entre os portos para levantamento de cases que possam ser replicados	Produtos com agilidade	0	4
		Replicar trabalhos aplicados após conferencia entre portos	Análise Quantitativas	101	4
		Criar checklist padrão de avaliação de todas as máquinas do porto (replicação de praia mole)	VPS/FMDS/ISO 55000	0	4,1,7,10,18
	Registro e controle de falhas CMMS - SAP	Avaliar estrutura para contratação de profissional de sistemas/programação com conhecimento tambem de SAP	Produtos com agilidade	103	4,6,15
	Implantar controle de nota e ordem de manutenção	Criação de pontos de medição no SAP para registro de horimetro de componentes críticos	Análise Quantitativas	0	4,2,16,1
	Implantar gestão de notas de manutenção	Banco de dados saneado	0	0	

Etapa 4 - Iniciativas

Etapa	Entrega	Iniciativa	Objetivo estratégico	Predecessora	Area
ETAPA 4	Implantação de método de resolução de problemas (RCA)	Automatizar relatório de indicadores de tempo de reparo por processo, ativo, modo de falha, modalidade por turma, turno, final de semana e dia de semana	Produtos com agilidade	48	4,1,7,10,15
		Implementar telas de perfis de perdas no GVP dashboard para porto tubarão	Banco de dados saneado	0	4
		Criar perfil de custos por processo e ativo	Redução de custos	0	4,17,3
		Mapear os itens de maior custo por processo e traçar iniciativas para redução	Redução de custos	17	4,17,3
		Criar relatórios diários, semanais, semanais acumulados, e mensais automatizados no BW	Banco de dados saneado	2	4,6,16,15
		Criar relatórios diários, semanais, semanais acumulados, e mensais automatizados no VIP	Banco de dados saneado	0	4,6,15
		Criar relatórios diários, semanais, semanais acumulados, e mensais automatizados no SAP	Banco de dados saneado	0	4,6,15
		Agendar reunião mensal para tratamento de melhorias e desvios	VPS/FMDS/ISO 55000	29	4,16
		Realização de reunião mensal para ajuste de planos de manutenção	VPS/FMDS/ISO 55000	0	4,1,2,16
		Criar modos de falha críticos para o CCM acionar a confiabilidade	VPS/FMDS/ISO 55000	0	0
		Propor alteração da estratégia de atuação da manutenção (processos) mediante perda de indicadores de performance (MC/TO) seguindo a estratégia de manutenção que suporte o plano diretor	Atingimento da performance do ativo	26	4,1,18
		Avaliar com supervisor a necessidade de alteração de estrutura baseado nos novos produtos	Garantir capital tecnológico	0	0
		Estudar viabilidade de alteração de estrutura inserindo estrutura Tubarão/orientador operacional	Produtos com excelencia	103	4
		Avaliar a juntamente com a area (inspeção) a possibilidade de ter engenheiros focados para analises de falha e MCSs diarios e semanais	Produtos com excelencia	25	4,1,18
		Implantação de software de gestão de falhas - XFRACAS	Utilizar o Xfracas para realização de analise de falhas	Garantir capital tecnológico	29
		Solicitar retorno das solicitações feitas no inicio do ano sobre XFRACAS juntamente a engenharia central	Produtos com excelencia	0	4,16

Etapa 5, 6 e 7 – Iniciativas

Etapa	Entrega	Iniciativa	Objetivo estratégico	Predecessora	Area
ETAPA 5	Implantação em área Piloto		Produtos com excelencia	0	0
ETAPA 6	RCM para ativos críticos	Criação da norma de RCM do Porto	Analises Qualitativas	83	4,16
		Classificar os sistemas do ativos/componentes conforme criticidade para aplicar técnica de RCM	Analises Qualitativas	82	4,16
		Definir onde aplicar o RCM	Analises Qualitativas	86	4,16,1,8
		Aplicar RCM em compressores de carga geral	Analises Qualitativas	87	4
		Aplicar RCM em desviadores de carga geral	Analises Qualitativas	87	4
ETAPA 7	Monitorar variáveis das ultimas unidades gerenciáveis (CCM , Preditiva)	Criar sala(s) ou área(s) de criação do conhecimento na engenharia e nas áreas remotas	Capacitar e reconhecer pessoas	0	4,1,10,7,16,22
		Análise de viabilidade de criação de um sistema de controle dos ativos	Disponibilidade	3	4,15

Etapa 8 e 9

Etapa	Entrega	Iniciativa	Objetivo estratégico	Predecessora	Area
ETAPA 8	Análises quantitativas de confiabilidade (vida) de itens (degradação, stress)	Solicitar treinamento G400 da realisoft in company (\$40000)	Capacitar e reconhecer pessoas	56	4
		Treinar equipe em softwares FREE como reability toolkit , PROCONF, PROSIS	Capacitar e reconhecer pessoas	0	4
		Operacionalizar as licenças atuais do weibull (15 licenças com problema de acesso)	Garantir capital tecnológico	0	4,16
		Criar treinamento prático de confiabilidade com cases atuais para nivelamento de conhecimento . Alem disso maximiza o aproveitamento em outros treinamentos externos	Capacitar e reconhecer pessoas	0	4
		Viabilizar compra de licenças para blocksim e RCM++	Garantir capital tecnológico	0	0
		Estudo de confiabilidade de acionamentos de translação	Análise Quantitativas	112	4,1,16,2,3
		Estudo de confiabilidade de cabo de aço dos viradores	Análise Quantitativas	112	4,1,16,2,3
		Estudo de confiabilidade de chapas de desgaste	Análise Quantitativas	112	4,1,16,2,3
		Estudo de confiabilidade de motoredutores	Análise Quantitativas	112	4,1,16,2,3
		Estudo de confiabilidade de motovibradores	Análise Quantitativas	112	4,1,16,2,3
		Estudo de confiabilidade de rolamentos DN04 e DN05	Análise Quantitativas	112	4,1,16,2,3
		Estudo de confiabilidade de sensores de grampo do virador	Análise Quantitativas	112	4,1,16,2,3
		Estudo de confiabilidade rolos de carga	Análise Quantitativas	112	4,1,16,2,3
		Estudo de confiabilidade dos sensores de posicionador do carro posicionador	Análise Quantitativas	112	4,1,16,2,3
		Estudo de confiabilidade de acionamento da RC06 (cabo e dromo - elevação)	Análise Quantitativas	112	4,1,16,2,3
		Estudo de confiabilidade de compressores TPD	Análise Quantitativas	112	4,1,16,2,3
		Estudo de confiabilidade de inversores de frequencia	Análise Quantitativas	112	4,1,16,2,3
		Estudo de confiabilidade dos GMS	Análise Quantitativas	112	4,1,16,2,3
		Estudo de degradação de aba de rodeiro	Análise Quantitativas	112	4,1,16,2,3
		Estudo de degradação de cabo de aço de caçamba DNS	Análise Quantitativas	112	4,1,16,2,3
		Estudo de degradação de cabo de aço de contra-peso	Análise Quantitativas	112	4,1,16,2,3
		Estudo de degradação de cabo de aço de elevação de máquinas	Análise Quantitativas	112	4,1,16,2,3
		Estudo de degradação de correia transportadora	Análise Quantitativas	112	4,1,16,2,3
		Estudo de degradação de lâminas de recuperadora	Análise Quantitativas	112	4,1,16,2,3
		Estudo de degradação de oleo em acoplamentos fixos	Análise Quantitativas	0	0
		Estudo de degradação delâminas das caçambas da recuperadora RC05	Análise Quantitativas	112	4,1,16,2,3
		Avaliar compra do Weibull com o ALTA++	Análise Quantitativas	0	4,16
		Avaliar planilha de componentes de custeio e avaliar onde pode ser aplicado outros estudos de degradação	Análise Quantitativas	0	4,17,3
		Criar planilha padrão de análise de acidentes por tipo	Análise Quantitativas	50	4,6,20
		Criar planilha padrão de análise de ocorrências portuárias por natureza	Análise Quantitativas	50	4,6,20
		Estudar os apontamentos atuais de elétrica, mecânica, automação, vulcanização e agrupá-los em sistemas para análise e modelagem de sistemas	Análise Quantitativas	0	4,19
		Realizar levantamento juntamente a area de materiais sobre quais sats acompanhar	Análise Quantitativas	112	4,3,1
		Disponibilizar softwares FREE como reability toolkit , PROCONF, PROSIS	Análise Quantitativas	129	4
	Análise quantitativa de sistemas (modelagem de sistemas de produção)	Estudo piloto de confiabilidade da rota singela da EP10	Análise Quantitativas	14	4,8,16
		Modelagem do sistema da descaga Grãos TPD	Análise Quantitativas	14	4,16,
		Modelagem do sistema da descaga Minerio de Ferro	Análise Quantitativas	14	4,16,
		Modelagem do sistema da desembarque TPM	Análise Quantitativas	14	4,16,
		Modelagem do sistema da desembarque/Embarque fertilizante TPD	Análise Quantitativas	14	4,16,
		Modelagem do sistema da embarque Grãos TPD	Análise Quantitativas	14	4,16,
		Modelagem do sistema da embarque Minerio de Ferro	Análise Quantitativas	14	4,16,
Modelagem do sistema da embarque TPM (expedição)	Análise Quantitativas	14	4,16,		

ANEXO A - CENARIO DOS TERMINAIS BRASILEIROS E MOVIMENTAÇÃO PORTUÁRIA NACIONAL

A Agência Nacional de Transportes Aquaviários, dispõe anuários de movimentação de carga das instalações portuárias em seu site e algumas informações, contidas nestes relatórios, são importantes para entendermos o cenário da mineração no Brasil, como perfil de cargas, tipos de instalações, terminais mais utilizados, mercadorias movimentadas, tipo de navegação e países destinos.

Perfil de cargas

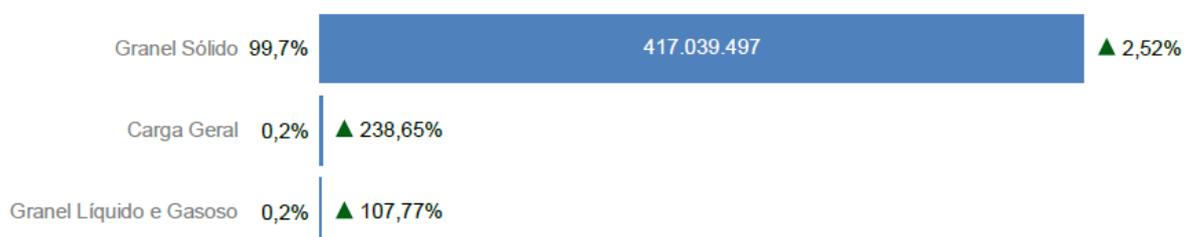
O perfil das cargas movimentadas são na sua maioria graneis sólidos, como minério de ferro, milho, soja, ouro seguido por graneis líquidos e por containeres.

GR1.6 - Perfil de Carga em ton. (2016)



Quando filtramos por produtos SH2 , o perfil predominante é sólido.

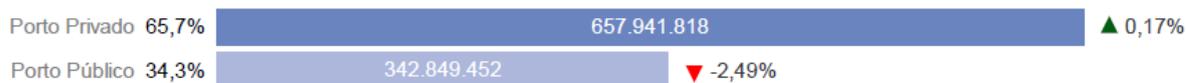
GR1.6 - Perfil de Carga em ton. (2016)



Tipos de instalações

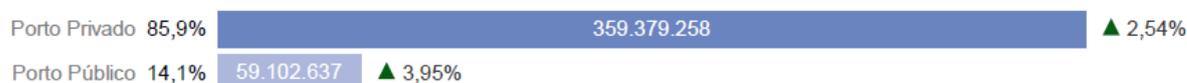
O gráfico a seguir mostra que 65% das cargas são movimentadas através de terminais portuários privados, como terminais da VALE.

GR1.1 - Tipo de Instalação Portuária em ton. (2016)



Quando filtramos por produtos SH2, em metais, incluindo minério de ferro, aproximadamente 86% das cargas são movimentadas através de terminais privados.

GR1.1 - Tipo de Instalação Portuária em ton. (2016)



Terminais mais utilizados

Os terminais portuários que mais movimentam cargas no país, levando em consideração, todos os perfis de carga, carga geral (contêineres), graneis sólidos (minério de ferro e produtos agrícolas) e líquidos, vimos que o Terminal de ponta da Madeira e o Terminal de Tubarão, foram em 2016, os que mais movimentam cargas em toneladas. Este resultado mostra o peso na economia brasileira dos terminais portuários de minério de ferro da VALE.

GR1.3 - Instalação Portuária em ton. (2016)

Porto Público e Privado



Quando filtramos os terminais pela carga SH2 minerios e escórias, temos uma participação ainda maior.

GR1.3 - Instalação Portuária em ton. (2016)

Porto Público e Privado



O anexo A mostra a evolução completa da participação de todos os terminais brasileiros de 2010 a 2017 , no cenário nacional.

Mercadorias movimentadas

O minério de ferro é tipo de mercadoria mais movimentada nos terminais portuários brasileiro, com participação de aproximadamente 38% do total movimentado. O granél líquido , petróleo, é o segundo mais movimentado seguido de carga geral na figura de containeres.

GR1.4 - Grupo de Mercadoria em ton. (2016)

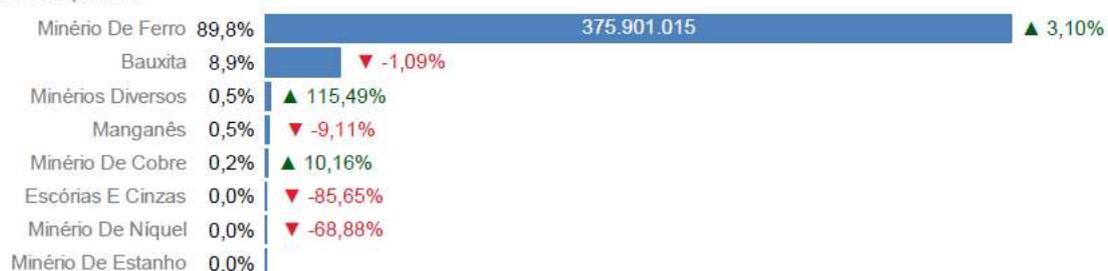
Nomenclatura Simplificada



Quando falamos especificamente de mercadorias tipo SH2, o minério detem aproximadamente 90% do total de carga movimentada.

GR1.4 - Grupo de Mercadoria em ton. (2016)

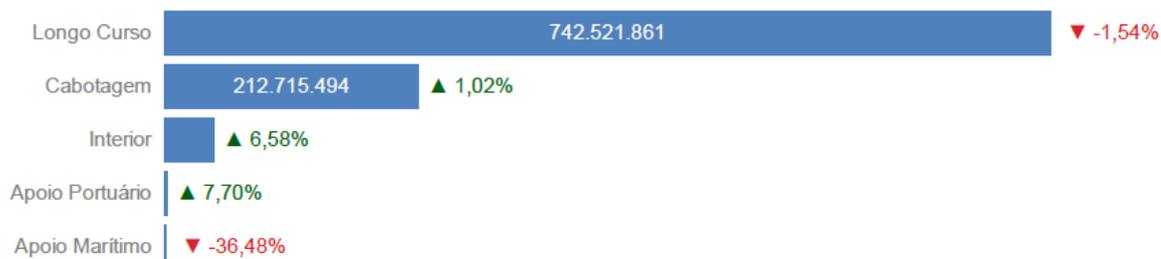
Nomenclatura Simplificada



Tipo de navegação

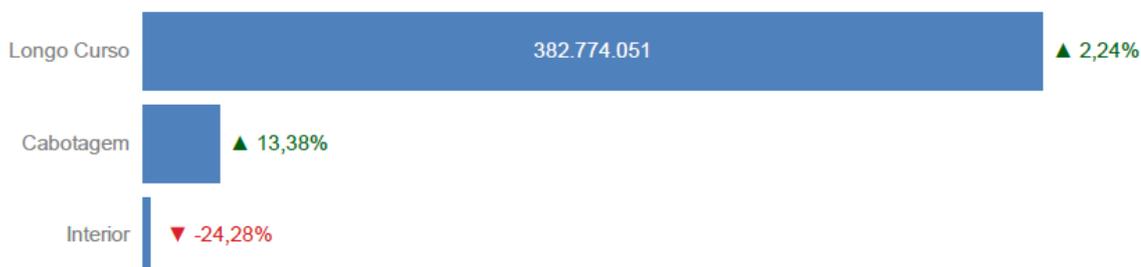
A grade fatia, aproximadamente 74% das cargas, são de longo curso e apenas 21% são destinados a cabotagem aproximadamente.

GR1.5 - Tipo de Navegação e Sentido em ton. (2016)



Quando pensamos em metais, incluindo minério de ferro, aproximadamente 91% é de longo curso e somente 8% para cabotagem.

GR1.5 - Tipo de Navegação e Sentido em ton. (2016)



Países destino

A lista de países destino das cargas brasileiras tipo SH2 é grande, contendo 67 países. Mas o país que se destaca é a China e recentemente a Malásia.

A Malásia é atualmente o segundo país de destino das cargas SH2 devido a criação de um terminal para blendagem de minério de ferro onde minérios com altos teores de ferro são misturados com minérios com baixo teor de ferro, com o objetivo de atingir uma faixa ideal de ferro. Após a blindagem o produto é enviado para a China em navios menores, pagando frete reduzido. Esta implantação foi devido à alta dos fretes e diminuição da frota de navios disponíveis.

Países	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
China	30,11%	41,23%	42,27%	41,13%	44,16%	42,88%	50,30%	53,06%
Brasil	9,04%	9,61%	9,06%	9,09%	7,83%	7,71%	7,37%	8,76%
Malásia	1,01%	0,67%	0,81%	0,70%	1,12%	5,65%	7,03%	6,57%
Japão	15,84%	10,05%	8,82%	7,98%	7,55%	7,08%	7,42%	5,58%
Holanda	7,65%	8,77%	6,85%	7,92%	6,12%	6,38%	6,04%	5,04%
Omã	0,00%	0,41%	3,17%	3,26%	2,52%	3,12%	1,72%	2,42%
Coréia Do Sul	3,57%	4,54%	4,47%	3,89%	3,90%	2,96%	2,82%	2,13%
França	2,86%	2,03%	2,06%	1,93%	1,78%	1,75%	1,57%	1,90%
Argentina	2,91%	2,92%	2,50%	2,82%	3,11%	2,08%	1,42%	1,41%
Estados Unidos	0,96%	1,02%	1,18%	1,02%	1,28%	1,48%	1,28%	1,29%

A lista completa está no apêndice A.

Resumindo os terminais portuários brasileiros, demonstram um perfil de carga movimentada, na sua maioria de graneis sólidos, como minério de ferro, com 65% das cargas são movimentadas através de terminais portuários privados. O Terminal de ponta da Madeira e o Terminal de Tubarão, foram em 2016, os que mais movimentam cargas em toneladas bruta. O minério de ferro é tipo de mercadoria mais movimentada nos terminais portuários brasileiros, com participação de aproximadamente 38% do total movimentado e aproximadamente 74% das cargas, são de longo curso.