



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



FREDERICO CARLOS MACIEL THOM

MODELO DE CÁLCULO DE RISCO DINÂMICO APLICADO A
COMPRESSORES DE GÁS

OURO PRETO/MG
2018

T452m Thom, Frederico Carlos Maciel.
Modelo de cálculo de risco dinâmico aplicado a compressores de gás
[manuscrito] / Frederico Carlos Maciel Thom. - 2018.
299f.: il.: color; graf.; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Marcílio Sousa Rocha Freitas.
Coorientador: Prof. Dr. Geraldo Rossoni Sisquini.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas.
Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Civil.
Área de Concentração: Construção Metálica.

1. Confiabilidade Estrutural. 2. Confiabilidade de manutenção. 3. Manutenção
Preventiva. 4. Risco Dinâmico. 5. Manutenção. I. Freitas, Marcílio Sousa Rocha.
II. Sisquini, Geraldo Rossoni. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV.
Titulo.

CDU: 624.014

Catálogo: www.sisbin.ufop.br

FREDERICO CARLOS MACIEL THOM

**MODELO DE CÁLCULO DE RISCO DINÂMICO APLICADO A
COMPRESSORES DE GÁS**

Texto apresentado ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte integrante dos requisitos para a Defesa ao Doutorado em Ciências da Engenharia Civil na área de concentração Construção Metálica.

Orientador: Prof. Dr. Marcílio Sousa Rocha Freitas

Coorientador: Prof. Dr. Geraldo Rossoni Sisquini

Coorientador: Prof. Dr. João Roberto Bastos Zoghbi Filho

OURO PRETO/MG
2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



MODELO DE CÁLCULO DE RISCO DINÂMICO APLICADO A
COMPRESSORES DE GÁS

AUTOR: FREDERICO CARLOS MACIEL THOM

Esta Tese foi apresentada em sessão pública e aprovada em 26 de abril de 2018,
através da Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Marcílio Sousa da Rocha Freitas, D. Sc. – UFOP (Presidente)

Prof. Geraldo Rossoni Sisquini, D. Sc. – UFES

Prof. João Roberto Bastos Zoghbi, D. Sc. – Petrobras

Prof. José de Jesús Rivero Oliva, D. Sc. – UFRJ

Prof. Cesar Ferreira do Nascimento, D. Sc. – Safety Time

Em especial a minha esposa Alana e aos meus filhos Fritz e Franz.

“... o meu marido é o meu parceiro ... e ele era mecânico ...”.

Tereza Alana Gomes dos Santos

AGRADECIMENTOS

Aos Professores Marcílio Sousa Rocha Freitas, Geraldo Rossoni Sisquini e João Roberto Bastos Zoghbi Filho, pela excepcional orientação e brilhante encaminhamentos para o alcance de meus objetivos acadêmicos e profissionais.

Me sinto ainda honrado com a colaboração dos Professores Francisco de Assis das Neves, César Ferreira do Nascimento e José de Jesús Rivero Oliva que participaram respectivamente das Bancas de Qualificação e Doutorado, da sempre competente Professora Róvia Aline e do auxílio a distância da Sílvia Nahas.

Ao Professor Faisal Khan que nos explicou com poucas palavras como graficamente poderíamos empregar o conceito de RBM no gerenciamento da rotina.

Ao Professor Márcio Nogueira Pinheiro da Gama através do fornecimento e a indicação de literaturas na área de engenharia de manutenção e confiabilidade.

Ao Professor Emmanoel Guasti pelo incentivo na conclusão desta etapa e desafios.

Aos colegas de classe nas cadeiras e disciplinas do Curso de Doutorado pela colaboração e o companheirismo.

Aos colegas de trabalho na Petrobras: Cristiano Levone de Oliveira, Guido Eduardo Bassoli, José Luz de Almeida, Edson David Meneghel, Celso Araripe de Oliveira, Giovani Curtinove de Souza, Marcos Roberto Nóbrega, Marcelo Delogo Dutra, Otacílio Arildo Lucht, José Eduardo Del Esposti, Claronildo de Covas Santos, Bruno Dias Carneiro, Maurício Bastos Oliveira, José Guilherme de Carvalho, Marcus Vinicius Batista Moutinho, Wagner Mundy Valverde Filho, Johnny Quintino da Silva, Alexandre Gustavo Stockmann, Everton Nogueira Lima, Jorge Luiz Batista, Carlos José Faria Brum, Patrícia Aparecida Casteluber Nascimento, Everton Effegem Falcão, Pedro Gabriel de Aquino Nunes, Geraldo José Dias Freitas, Walber Ronconi dos Santos, Rafael Dimas Camillo, Jefferson Tadeu, Laís Pedroni, e muitos outros e outras, pelo apoio e a ajuda sempre importante e oportunos.

Ao meu irmão Fábio César Maciel Thom que me considera uma referência como pessoa na sua vida.

RESUMO

O presente trabalho propõe a aplicação da metodologia RBM (*Risk Based Maintenance* - Manutenção Baseada no Risco) em um sistema de compressão de gás, cujo cálculo do risco tem como base um modelo matemático semi-quantitativo que leva em conta a interdependência de variáveis de processo e de manutenção preditiva empregadas no processo de CBM (*Condition Based Maintenance* - Manutenção Baseada em Condição) do equipamento, de forma a se obter o cálculo deste risco dinâmico para fomentar ou prover a revisão da estratégia de manutenção e confiabilidade em tempo real e de forma proativa. O risco dinâmico aplicado a sistemas envolve a interface da manutenção preditiva e das variáveis de processo com a confiabilidade de sistemas e a análise de riscos. Este valor que está relacionado com os aspectos financeiros, de segurança, de pessoas e meio ambiente, é comparado ao risco tolerável de operação da planta de produção. Cabe lembrar que o estudo desenvolvido pode ser aplicado a qualquer sistema, subsistema ou equipamento industrial, desde que fornecidos os dados adequados e o processo modelado para tal.

Palavras-chaves: CBM. RBM. Manutenção Preventiva. Risco Dinâmico.

ABSTRACT

The present work proposes the application of the RBM (Risk Based Maintenance) methodology in a gas compression system, with risk calculation based on a semiquantitative mathematical model that uses the interdependence of process variables and predictive maintenance applied in CBM (Condition Based Maintenance) methodology, in order to obtain the calculation of this dynamic risk to promote or provide the review of maintenance and reliability strategy in real time and proactively. The dynamic risk applied to systems involves the interface of predictive maintenance and process variables with the systems reliability and risk analysis. This value that is related to the financial aspects, safety, people and the environment, is compared to the tolerable risk of production plant operation. It should be remembered that the study developed can be applied to any system, subsystem or industrial equipment, since adequate data is provided and the process modeled therefor.

Keywords: CBM. RBM. Preventive Maintenance. Dynamic Risk.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1:	Definição de fronteira – Motores de combustão	11
Figura 1.2:	Motor a gás	11
Figura 1.3:	Definição de fronteira – Compressores	12
Figura 1.4:	Unidade de compressão	12
Figura 1.5:	Avaliação do risco dinâmico	13
Figura 2.1:	Componentes do programa RCM.....	17
Figura 2.2:	Fluxograma de processo para o estabelecimento da programação de inspeção e de manutenção	19
Figura 2.3:	Etapas para execução de uma análise de RCM.....	20
Figura 2.4:	Processo genérico da RBI.....	23
Figura 2.5:	Ciclo de operação e manutenção para os equipamentos	25
Figura 2.6:	Curva da banheira.....	26
Figura 2.7:	Relação entre os modos e efeitos de falha em uma hierarquia de Sistema	29
Figura 2.8:	Curvas de distribuições estatísticas em função do tempo	34
Figura 2.9:	Fluxograma da atualização da probabilidade de falhas	34
Figura 2.10:	Exemplo da função confiabilidade $R(t)$ para tempos para falha distribuídos exponencialmente	41
Figura 2.11:	Função Weibull para dois parâmetros	44
Figura 2.12:	Diagrama de decisão na função Weibull	45
Figura 2.13:	Esquemático de operação do equipamento mecânico	47

Figura 2.14: Representação esquemática do sistema em série	47
Figura 2.15: Representação esquemática do sistema em paralelo	48
Figura 2.16: Conceitos dos operadores lógicos e eventos na FTA.....	50
Figura 2.17: Regressão linear de dados de falha com menor coeficiente de correlação ($R^2 = 0,861289$)	59
Figura 2.18: Regressão linear de dados de falha com maior coeficiente de correlação ($R^2 = 0,990128$)	59
Figura 2.19: Matriz de risco.....	62
Figura 2.20: Nível de detalhes das análises qualitativas, quantitativas e semi- quantitativas para a Inspeção Baseada no Risco (IBR).....	63
Figura 2.21: Critério de aceitabilidade	64
Figura 3.1: Esquema de decisão na CBM.....	70
Figura 3.2: Desenho geral da carta de controle.....	72
Figura 3.3: Tendências de sintomas de degradação por falha	74
Figura 3.4: Níveis de proteção	76
Figura 3.5: Exemplo de alarmes de <i>trip</i> por temperatura alta	77
Figura 3.6: Patamares de alarmes e de intertravamentos	78
Figura 3.7: Abordagem geral da manutenção baseada no risco	81
Figura 3.8: Arquitetura da metodologia RBM.....	82
Figura 4.1: Destaque da Tabela A.1	88
Figura 4.2: Destaque da Tabela A.2.....	89
Figura 4.3: Destaque da Tabela A.3.....	89

Figura 4.4:	Destaque da Tabela A.4.....	89
Figura 4.5:	Hierarquia de níveis	91
Figura 4.6:	Níveis aplicados à árvore de taxonomias	92
Figura 4.7:	Destaque da Tabela A.5 para itens do compressor	93
Figura 4.8:	Destaque da Tabela A.7 para os compressores.....	93
Figura 4.9:	Árvore de taxonomias do moto-compressor C para o algebrismo no cálculo do risco dinâmico	94
Figura 4.10:	Metodologia numérica para a obtenção do $PoF(t)$	97
Figura 4.11:	Destaque da Tabela A.11	97
Figura 4.12:	Destaque da Tabela A.17.....	98
Figura 4.13:	Exemplo de regressão de dados de falhas da taxonomia 1.6.2 C por máxima verossimilhança utilizando modelo de Weibull ($\eta =$ $139,01324$ e $\beta = 0,806672$)	98
Figura 4.14:	Destaque da Tabela A.9 referente ao compressor	100
Figura 4.15:	Valores indicados no instrumento PIT-1231607A.....	104
Figura 4.16:	Valores calculados para intertravamento no instrumento PIT- 1231607A.....	107
Figura 4.17:	Metodologia numérica para a obtenção do I_A e I_j	108
Figura 4.18:	Metodologia numérica para a obtenção do λ_{nc}	110
Figura 4.19:	Fator $(\lambda_{nc} + 1)$ do moto-compressor C	110
Figura 5.1:	Intervalo de confiança da taxonomia 1.2.9 da Unidade de Compressão A	122

Figura 5.2:	Gráfico da probabilidade de falha nas taxonomias 1.2.9 (Válvulas) e 1.2.13 (Engaxetamento) da unidade compressora no compressor A.....	123
Figura 5.3:	Gráfico da probabilidade de falha nas taxonomias 1.3.6 (Sensores), 1.3.7 (Válvulas), 1.3.8 (Fiação) e 1.3.9 (Tubulações) do controle e monitoração no compressor A	124
Figura 5.4:	Gráfico da probabilidade de falha na taxonomia 1.4.9 (Óleo lubrificante) do sistema de lubrificação no compressor A	124
Figura 5.5:	Gráfico da probabilidade de falha nas taxonomias 1.6.2 (Tubulações, suporte de tubulação e foles), 1.6.3 (Válvulas de controle), 1.6.4 (Válvulas de isolamento) e 1.6.6 (Resfriadores) da miscelânea no compressor A	125
Figura 5.6:	Gráfico da probabilidade de falha na taxonomia 2.1.2 (Unidade de partida) do sistema de partida no motor a gás A	126
Figura 5.7:	Gráfico da probabilidade de falha nas taxonomias 2.2.2 (Sistema de ignição) e 2.2.15 (Válvulas) da unidade de motor de combustão no motor a gás A.....	126
Figura 5.8:	Gráfico da probabilidade de falha na taxonomia 2.4.8 (Óleo) do sistema de lubrificação no motor a gás A.....	127
Figura 5.9:	Gráfico da probabilidade de falha na taxonomia 1.2.9 (Válvulas) da unidade compressora no compressor B	128
Figura 5.10:	Gráfico da probabilidade de falha nas taxonomias 1.3.6 (Sensores), 1.3.7 (Válvulas) e 1.3.9 (Tubulações) do controle e monitoração no compressor B.....	129
Figura 5.11:	Gráfico da probabilidade de falha nas taxonomias 1.4.3 (Motor), 1.4.5 (Resfriadores) e 1.4.6 (Filtros) do sistema de lubrificação no compressor B	129

Figura 5.12: Gráfico da probabilidade de falha nas taxonomias 1.6.2 (Tubulações, suporte de tubulação e foles), 1.6.3 (Válvulas de controle), 1.6.4 (Válvulas de isolamento) e 1.6.6 (Resfriadores) da miscelânea no compressor B	130
Figura 5.13: Gráfico da probabilidade de falha nas taxonomias 2.2.2 (Sistema de ignição) e 2.2.15 (Válvulas) da unidade de motor de combustão no motor a gás B.....	131
Figura 5.14: Gráfico da probabilidade de falha na taxonomia 2.4.8 (Óleo) do sistema de lubrificação no motor a gás B	131
Figura 5.15: Gráfico da probabilidade de falha nas taxonomias 1.3.6 (Sensores), 1.3.7 (Válvulas) e 1.3.9 (Tubulações) do controle e monitoração no compressor C	132
Figura 5.16: Gráfico da probabilidade de falha nas taxonomias 1.4.5 (Resfriadores), 1.4.6 (Filtros), 1.4.7 (Tubulações) e 1.4.9 (Óleo lubrificante) do sistema de lubrificação no compressor C.....	133
Figura 5.17: Gráfico da probabilidade de falha nas taxonomias 1.6.2 (Tubulações, suporte de tubulação e foles), 1.6.3 (Válvulas de controle), 1.6.4 (Válvulas de isolamento) e 1.6.6 (Resfriadores) da miscelânea no compressor C.....	134
Figura 5.18: Gráfico da probabilidade de falha nas taxonomias 2.2.1 (Entrada de ar), 2.2.2 (Sistema de ignição) e 2.2.15 (Válvulas) da unidade de motor de combustão no motor a gás C.....	135
Figura 5.19: Gráfico da probabilidade de falha na taxonomia 2.4.8 (Óleo) do sistema de lubrificação no motor a gás C.....	135
Figura 5.20: Destaque da Tabela A.18.....	137
Figura 5.21: Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.2.9 (Válvulas) e 1.2.13 (Engaxetamento) da unidade compressora no compressor A	138

Figura 5.22: Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.3.6 (Sensores), 1.3.7 (Válvulas), 1.3.8 (Fiação) e 1.3.9 (Tubulações) do controle e monitoração no compressor A.....	139
Figura 5.23: Gráfico do risco dinâmico na taxonomia 1.4.9 (Óleo lubrificante) do sistema de lubrificação no compressor A	139
Figura 5.24: Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.6.2 (Tubulações, suporte de tubulação e foles), 1.6.3 (Válvulas de controle), 1.6.4 (Válvulas de isolamento) e 1.6.6 (Resfriadores) da miscelânea no compressor A	140
Figura 5.25: Gráfico do risco dinâmico na taxonomia 2.1.2 (Unidade de partida) do sistema de partida no motor a gás A	141
Figura 5.26: Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 2.2.2 (Sistema de ignição) e 2.2.15 (Válvulas) da unidade de motor de combustão no motor a gás A.....	141
Figura 5.27: Gráfico do risco dinâmico na taxonomia 2.4.8 (Óleo) do sistema de lubrificação no motor a gás A	142
Figura 5.28: Gráfico do risco dinâmico na taxonomia 1.2.9 (Válvulas) da unidade compressora no compressor B	143
Figura 5.29: Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.3.6 (Sensores), 1.3.7 (Válvulas) e 1.3.9 (Tubulações) do controle e monitoração no compressor B.....	144
Figura 5.30: Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.4.3 (Motor), 1.4.5 (Resfriadores) e 1.4.6 (Filtros) do sistema de lubrificação no compressor B	145
Figura 5.31: Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.6.2 (Tubulações, suporte de tubulação e foles), 1.6.3 (Válvulas de controle), 1.6.4 (Válvulas de isolamento) e 1.6.6 (Resfriadores) da miscelânea no compressor B.....	145

Figura 5.32: Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 2.2.2 (Sistema de ignição) e 2.2.15 (Válvulas) da unidade de motor de combustão no motor a gás B.....	146
Figura 5.33: Gráfico do risco dinâmico na taxonomia 2.4.8 (Óleo) do sistema de lubrificação no motor a gás B	147
Figura 5.34: Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.3.6 (Sensores), 1.3.7 (Válvulas) e 1.3.9 (Tubulações) do controle e monitoração no compressor C.....	148
Figura 5.35: Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.4.5 (Resfriadores), 1.4.6 (Filtros), 1.4.7 (Tubulações) e 1.4.9 (Óleo lubrificante) do sistema de lubrificação no compressor C	149
Figura 5.36: Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.6.2 (Tubulações, suporte de tubulação e foles), 1.6.3 (Válvulas de controle), 1.6.4 (Válvulas de isolamento) e 1.6.6 (Resfriadores) da miscelânea no compressor C.....	149
Figura 5.37: Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 2.2.1 (Entrada de ar), 2.2.2 (Sistema de ignição) e 2.2.15 (Válvulas) da unidade de motor de combustão no motor a gás C	150
Figura 5.38: Gráfico do risco dinâmico na taxonomia 2.4.8 (Óleo) do sistema de lubrificação no motor a gás C.....	151
Figura 5.39: Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.2.9 (Válvulas) e 1.2.13 (Engaxetamento) da unidade compressora no compressor A para o período de 01/08/2016 a 30/10/2016	154
Figura 5.40: Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.3.6 (Sensores), 1.3.7 (Válvulas), 1.3.8 (Fiação) e 1.3.9 (Tubulações) do controle e monitoração no compressor A para o período de 01/08/2016 a 30/10/2016	154

Figura 5.41: Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.6.2 (Tubulações, suporte de tubulação e foles), 1.6.3 (Válvulas de controle), 1.6.4 (Válvulas de isolamento) e 1.6.6 (Resfriadores) da miscelânea no compressor A para o período de 01/08/2016 a 30/10/2016	155
Figura 5.42: Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.4.3 (Motor), 1.4.5 (Resfriadores) e 1.4.6 (Filtros) do sistema de lubrificação no compressor B para o período de 01/08/2016 a 30/10/2016	155
Figura 5.43: Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.3.6 (Sensores), 1.3.7 (Válvulas) e 1.3.9 (Tubulações) do controle e monitoração no compressor C para o período de 01/08/2016 a 30/10/2016.....	156
Figura 5.44: Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.6.2 (Tubulações, suporte de tubulação e foles), 1.6.3 (Válvulas de controle), 1.6.4 (Válvulas de isolamento) e 1.6.6 (Resfriadores) da miscelânea no compressor C para o período de 01/08/2016 a 30/10/2016.....	156
Figura A.1: Ciclos de operação individualizados do conjunto moto-compressor..	175
Figura A.2: Hierarquização dos componentes baseada na taxonomia da ABNT NBR ISO 14224 (2011).....	176
Figura A.3: Árvore de taxonomias de acordo com os dados de histórico de falhas para a Unidade de Compressão A	177
Figura A.4: Árvore de taxonomias de acordo com os dados de histórico de falhas para a Unidade de Compressão B	178
Figura A.5: Árvore de taxonomias de acordo com os dados de histórico de falhas para a Unidade de Compressão C	179
Figura A.6: Árvore de taxonomias do moto-compressor A para o algebrismo no cálculo do risco dinâmico	180
Figura A.7: Árvore de taxonomias do moto-compressor B para o algebrismo no cálculo do risco dinâmico	181

Figura A.8: Árvore de taxonomias do moto-compressor C para o algebrismo no cálculo do risco dinâmico	182
Figura C.1: Intervalo de confiança (95%) para o sistema de compressão A	263
Figura C.2: Intervalo de confiança (95%) para o compressor A	263
Figura C.3: Intervalo de confiança da taxonomia 1.2.9 da Unidade de Compressão A	264
Figura C.4: Intervalo de confiança da taxonomia 1.2.13 da Unidade de Compressão A	264
Figura C.5: Intervalo de confiança da taxonomia 1.3.6 da Unidade de Compressão A	265
Figura C.6: Intervalo de confiança da taxonomia 1.3.7 da Unidade de Compressão A	265
Figura C.7: Intervalo de confiança da taxonomia 1.3.8 da Unidade de Compressão A	266
Figura C.8: Intervalo de confiança da taxonomia 1.3.9 da Unidade de Compressão A	266
Figura C.9: Intervalo de confiança da taxonomia 1.4.9 da Unidade de Compressão A	267
Figura C.10: Intervalo de confiança da taxonomia 1.6.2 da Unidade de Compressão A	267
Figura C.11: Intervalo de confiança da taxonomia 1.6.3 da Unidade de Compressão A	268
Figura C.12: Intervalo de confiança da taxonomia 1.6.4 da Unidade de Compressão A	268
Figura C.13: Intervalo de confiança da taxonomia 1.6.6 da Unidade de Compressão A	269

Figura C.14: Intervalo de confiança (95%) para o motor a gás A.....	269
Figura C.15: Intervalo de confiança da taxonomia 2.1.2 da Unidade de Compressão A	270
Figura C.16: Intervalo de confiança da taxonomia 2.2.2 da Unidade de Compressão A	270
Figura C.17: Intervalo de confiança da taxonomia 2.2.15 da Unidade de Compressão A	271
Figura C.18: Intervalo de confiança da taxonomia 2.4.8 da Unidade de Compressão A	271
Figura C.19: Intervalo de confiança (95%) para o sistema de compressão B	272
Figura C.20: Intervalo de confiança (95%) para o compressor B	272
Figura C.21: Intervalo de confiança da taxonomia 1.2.9 da Unidade de Compressão B	273
Figura C.22: Intervalo de confiança da taxonomia 1.3.6 da Unidade de Compressão B	273
Figura C.23: Intervalo de confiança da taxonomia 1.3.7 da Unidade de Compressão B	274
Figura C.24: Intervalo de confiança da taxonomia 1.3.9 da Unidade de Compressão B	274
Figura C.25: Intervalo de confiança da taxonomia 1.4.3 da Unidade de Compressão B	275
Figura C.26: Intervalo de confiança da taxonomia 1.4.5 da Unidade de Compressão B	275
Figura C.27: Intervalo de confiança da taxonomia 1.4.6 da Unidade de Compressão B	276

Figura C.28: Intervalo de confiança da taxonomia 1.6.2 da Unidade de Compressão B	276
Figura C.29: Intervalo de confiança da taxonomia 1.6.3 da Unidade de Compressão B	277
Figura C.30: Intervalo de confiança da taxonomia 1.6.4 da Unidade de Compressão B	277
Figura C.31: Intervalo de confiança da taxonomia 1.6.6 da Unidade de Compressão B	278
Figura C.32: Intervalo de confiança (95%) para o motor a gás B	278
Figura C.33: Intervalo de confiança da taxonomia 2.2.2 da Unidade de Compressão B	279
Figura C.34: Intervalo de confiança da taxonomia 2.2.15 da Unidade de Compressão B	279
Figura C.35: Intervalo de confiança da taxonomia 2.4.8 da Unidade de Compressão B	280
Figura C.36: Intervalo de confiança (95%) para o sistema de compressão C	280
Figura C.37: Intervalo de confiança (95%) para o compressor C	281
Figura C.38: Intervalo de confiança da taxonomia 1.3.6 da Unidade de Compressão C	281
Figura C.39: Intervalo de confiança da taxonomia 1.3.7 da Unidade de Compressão C	282
Figura C.40: Intervalo de confiança da taxonomia 1.3.9 da Unidade de Compressão C	282
Figura C.41: Intervalo de confiança da taxonomia 1.4.5 da Unidade de Compressão C	283

Figura C.42: Intervalo de confiança da taxonomia 1.4.6 da Unidade de Compressão C	283
Figura C.43: Intervalo de confiança da taxonomia 1.4.7 da Unidade de Compressão C	284
Figura C.44: Intervalo de confiança da taxonomia 1.4.9 da Unidade de Compressão C	284
Figura C.45: Intervalo de confiança da taxonomia 1.6.2 da Unidade de Compressão C	285
Figura C.46: Intervalo de confiança da taxonomia 1.6.3 da Unidade de Compressão C	285
Figura C.47: Intervalo de confiança da taxonomia 1.6.4 da Unidade de Compressão C	286
Figura C.48: Intervalo de confiança da taxonomia 1.6.6 da Unidade de Compressão C	286
Figura C.49: Intervalo de confiança (95%) para o motor a gás C.....	287
Figura C.50: Intervalo de confiança da taxonomia 2.2.1 da Unidade de Compressão C	287
Figura C.51: Intervalo de confiança da taxonomia 2.2.2 da Unidade de Compressão C	288
Figura C.52: Intervalo de confiança da taxonomia 2.2.15 da Unidade de Compressão C	288
Figura C.53: Intervalo de confiança da taxonomia 2.4.8 da Unidade de Compressão C	289
Figura C.54: Espectro de medição pelos instrumentos na taxonomia 1.2.9 no compressor A	290

Figura C.55: Espectro de medição pelos instrumentos na taxonomia 1.2.13 no compressor A	290
Figura E.1: Obtenção do β e η na taxonomia 1.2.9 do compressor A.....	296
Figura E.2: Obtenção do β e η na taxonomia 1.2.13 do compressor A	297
Figura E.3: Obtenção do β e η na taxonomia 1.2 do compressor A	297
Figura E.4: Obtenção do β e η na taxonomia 1 do compressor A.....	298
Figura E.5: Obtenção do β e η no nível 0 do sistema de compressão A.....	298
Figura E.6: Cálculo do risco dinâmico para a taxonomia 1.2.9 do compressor A (nível 3).....	299
Figura E.7: Cálculo do risco dinâmico para a taxonomia 1.2.13 do compressor A (nível 3).....	299

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1: Especificação dos equipamentos	10
Tabela 2.1: Detalhamento das etapas da RCM.....	21
Tabela 2.2: Estratégias de manutenção	25
Tabela 2.3: Formulário FMEA	30
Tabela 2.4: Formulário FMECA.....	31
Tabela 2.5: Valores dos índices que compõem o NPR	33
Tabela 2.6: Categorias de criticidade ou de severidade	35
Tabela 2.7: Categorias de probabilidade de ocorrência de falhas	36
Tabela 3.1: Matriz de risco utilizada no código ASME SC6000	86
Tabela 4.1: Valores de MTBF, MTTR e disponibilidade dos moto-compressores.....	90
Tabela 4.2: Dados de Weibull dos 3 moto-compressores para o período 2010 a 2016.....	90
Tabela 4.3: Categorização da consequência da falha.....	99
Tabela 4.4: Condicionantes para os limites de alarmes	104
Tabela 4.5: Valores numéricos do intensificador de alarmes obtidos no instrumento PIT-1231607A.....	105
Tabela 4.6: Condicionantes para os limites de intertravamentos	107
Tabela 4.7: Valores numéricos do intensificador de intertravamentos obtidos no instrumento PIT-1231607A.....	108
Tabela 4.8: Valores numéricos do intensificador do evento de não conformidade na manutenção preditiva.....	111

Tabela 4.9: Risco tolerável em termos gerais	115
Tabela 5.1: Comparação entre valores do coeficiente de determinação	118
Tabela 5.2: Parâmetros de Weibull do $PoF(t)$ no período considerado do moto-compressor A.....	118
Tabela 5.3: Parâmetros de Weibull do $PoF(t)$ no período considerado do moto-compressor B.....	119
Tabela 5.4: Parâmetros de Weibull do $PoF(t)$ no período considerado do moto-compressor C.....	120
Tabela 5.5: Valores de risco dinâmico da unidade moto-compressor A (30/10/2016).....	152
Tabela 5.6: Valores de risco dinâmico da unidade moto-compressor B (30/10/2016).....	153
Tabela 5.7: Valores de risco dinâmico da unidade moto-compressor C (30/10/2016).....	153
Tabela A.1: Banco de dados do SAP R/3 com o histórico de falhas.....	183
Tabela A.2: Dados dos instrumentos e sua taxonomia.....	192
Tabela A.3: Relatórios de ferrografia.....	195
Tabela A.4: Relatórios de análise de vibrações.....	204
Tabela A.5: Quantidade de eventos por taxonomia de item e falha nos 3 compressores.....	210
Tabela A.6: Quantidade de eventos por taxonomia de item e falha nos 3 motores a gás	212
Tabela A.7: Quantidade de eventos por modo de falha do compressor baseado no OREDA (2002).....	213

Tabela A.8: Quantidade de eventos por modo de falha do motor a gás baseado no OREDA (2002).....	213
Tabela A.9: FMEA do compressor no sistema de compressão	214
Tabela A.10: FMEA do motor de combustão no sistema de compressão.....	223
Tabela A.11: Quantidade de eventos de falha do compressor A	229
Tabela A.12: Quantidade de eventos de falha do motor a gás A.....	231
Tabela A.13: Quantidade de eventos de falha do compressor B	232
Tabela A.14: Quantidade de eventos de falha do motor a gás B.....	234
Tabela A.15: Quantidade de eventos de falha do compressor C	235
Tabela A.16: Quantidade de eventos de falha do motor a gás C.....	237
Tabela A.17: Falhas identificadas nos relatórios de inspeção	238
Tabela A.18: Causa dos alarmes, intertravamentos e desarmes no moto-compressor A	239
Tabela A.19: Causa dos alarmes, intertravamentos e desarmes no moto-compressor B	244
Tabela A.20: Causa dos alarmes, intertravamentos e desarmes no moto-compressor C.....	248
Tabela A.21: Histórico de manutenções preventivas	252
Tabela A.22: Taxonomias atendidas pelas manutenções preventivas no compressor A	254
Tabela A.23: Taxonomias atendidas pelas manutenções preventivas no motor a gás A.....	254
Tabela A.24: Taxonomias atendidas pelas manutenções preventivas no compressor B	255

Tabela A.25: Taxonomias atendidas pelas de manutenções preventivas no motor a gás B.....	255
Tabela A.26: Taxonomias atendidas pelas manutenções preventivas no compressor C.....	256
Tabela A.27: Taxonomias atendidas pelas manutenções preventivas no motor a gás C	256
Tabela D.1: Comparação de resultados numéricos entre o método computacional MLE e a programação em Matlab.....	295

LISTA DE SIGLAS

A – Alto

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABS – *American Bureau of Shipping* (Escritório Americano de Navegação)

API – *American Petroleum Institute* (Instituto Americano de Petróleo)

B – Baixo

BS – *British Standards* (Padrões Britânicos)

CBM – *Condition Based Maintenance* (Manutenção Baseada em Condição)

CEI/IEC – *International Electrotechnical Commission* (Comissão Eletrotécnica Internacional)

DET – Índice de detecção da falha

DNV-RP – *Det Norske Veritas-Recommended Practice* (Guia prático recomendado pela DNV)

ETA – *Event Tree Analysis* (Análise da Árvore de Eventos)

E – Porta lógica

F – Insuficiência funcional

fdp – Função densidade de probabilidade

FCA – *Failure Characteristic Analysis* (Análise da Falha Característica)

FMEA – *Failure Model and Effect Analysis* (Análise de Modo e Efeito de Falha)

FMECA – *Failure Modes, Effects and Criticality Analysis* (Análise de Modos, Efeitos e Criticidade de Falha)

FTA – *Failure Tree Analysis* (Análise de Árvore de Falhas)

H – *High* (alto)

HH – *High High* (elevado)

ISA – *Instrument Society of America* (Sociedade de Instrumentos da América)

ISO – *International Organization for Standardization* (Organização Internacional para Padronização)

L – *Low* (baixo)

LL – *Low Low* (muito baixo)

M – Médio

MIL-STD – *Military Standard* (Norma Militar)

MLE – *Maximum Likelihood Estimation* (Máxima Verossimilhança)

MTBF – *Mean Time Between Failures* (Tempo Médio entre Falhas)
MTTF – *Mean Time to Failure* (Tempo Médio até a Falha)
MTTR – *Mean Time To Repair* (Tempo Médio para Reparar)
N – Não
NBR – Norma Brasileira
NPR – Número de prioridade de risco
OCO – Índice de ocorrência da falha
OREDA – *Offshore and Onshore Reliability Data* (Dados de confiabilidade das indústrias de petróleo e gás)
OU – Porta lógica
P – Falha potencial
PDCA – *Plan* (Planejar), *Do* (Fazer), *Check* (Verificar) and *Action* (Atuar)
PETROBRAS –Petróleo Brasileiro S. A.
PG – Nomenclatura de norma da Petrobras
PI – *Plant Information* (informações da planta de processo)
PIT – *Pressure Indicator Transmitter* (transmissor indicador de pressão)
P-F – Probabilidade de Falha
RAM – *Reliability, Availability, Maintainability* (Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade)
RAMS – *Reliability, Availability, Maintainability and Safety* (Confiabilidade, Disponibilidade, Manutenibilidade e Segurança)
RBI – *Risk Based Inspection* (Inspeção Baseada no Risco - IBR)
RBIM – *Risk Based Inspection and Maintenance* (Inspeção e Manutenção Baseadas no Risco)
RBIIM – *Risk Based Integrity and Inspection Modelling* (Modelagem da Integridade e Inspeção Baseadas no Risco)
RBM – *Risk Based Maintenance* (Manutenção Baseada no Risco)
RCM – *Reliability Centered Maintenance* (Manutenção Centrada em Confiabilidade)
RRX – *Rank Regression on X* (Regressão Linear em X)
RRY – *Rank Regression on Y* (Regressão Linear em Y)
RTF – *Run to Failure* (Funcionamento até a falha)
S – Sim

SAP R/3 – *Systems, Applications and Products in Data Processing* (Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados) *Real-time data processing 3-tier* (Processamento de dados em tempo real no nível 3)®

SDCD – Sistema Digital de Controle Distribuído

SEV – Índice de severidade dos efeitos

TAG – Identificação alfanumérica do equipamento ou instrumento no PI (*Plant Information*)

TBM – *Time Based Maintenance* (Manutenção Baseada em Tempo)

VBA – *Visual Basic for Applications* (Aplicativos Visuais Básicos)

UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto

ZF – Notas de manutenção dispostas no SAP R/3 que estão relacionadas às falhas

ZS – Notas de manutenção dispostas no SAP R/3 que estão relacionadas à serviços

LISTA DE SÍMBOLOS

- a Coeficiente angular da reta
- b Coeficiente linear da reta
- CoF Consequência de falha
- e Exponencial
- E_i Evento
- $f(t)$ Variável dependente
- $f(x)$ Variável dependente
- $F(t)$ Probabilidade acumulada de falha ou função de distribuição acumulada da Weibull
- i Contador numérico
- I_A Intensificador de alarme
- I_I Intensificador de intertravamento
- j Contador numérico
- k Contador numérico
- l Contador numérico
- \ln Logaritmo neperiano
- $L(\theta)$ Função de verossimilhança
- $M(t)$ Manutenibilidade ou manutenibilidade
- n Número de equipamentos ou tamanho da amostra
- N Número de eventos, componentes ou de medidas
- N_f Número de falhas
- P Probabilidade
- PoF Probabilidade de falha
- R Confiabilidade
- $R_{SP}(t)$ Confiabilidade do arranjo em paralelo
- $R_{SS}(t)$ Confiabilidade do arranjo em série
- $R(t)$ Função confiabilidade
- R^2 Coeficiente de determinação
- ® Marca registrada
- REAL Valor numérico medido pelo instrumento
- SET Valor numérico de atuação do instrumento definido pelo fabricante

t Instante de tempo
 t_i Número de horas de operação da unidade, tempo de operação ou tempo de falha
 t_0 Tempo inicial
 t_{0i} Tempo de reparo
 T Tempo final ou desconhecido
 T_i Tempo de parada
 W Evento
 x Variável aleatória ou independente
 x_i Posição x no eixo das abscissas do plano de coordenadas cartesianas
 X Evento
 \bar{X} Média da variável aleatória ou independente X
 y Variável dependente
 y_i Posição y no eixo das ordenadas do plano de coordenadas cartesianas
 Y Evento
 \bar{Y} Média da variável dependente Y
 Z Evento
 β Parâmetro de forma do modelo de falha na distribuição Weibull
 γ Parâmetro de posição ou de localização na distribuição Weibull
 Δt Intervalo de tempo
 η Vida característica (parâmetro de escala) na distribuição Weibull ou parâmetro do método RRY
 θ Vetor de parâmetros na função de verossimilhança
 λ Taxa de falhas
 λ_{nc} Taxa de não conformidades na manutenção preditiva
 $\lambda(t)$ Taxa de falhas em função do tempo
 Λ Logaritmo neperiano da função de densidade de probabilidade
 ρ_{XY} Coeficiente de correlação linear
 σ Desvio padrão
 σ_X Desvio padrão de X
 σ_Y Desvio padrão de Y
 σ_{XY} Covariância de X e Y

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1	ESTADO DA ARTE.....	2
1.2	MOTIVAÇÃO.....	8
1.3	JUSTIFICATIVA.....	9
1.4	OBJETO DA PESQUISA.....	10
1.5	OBJETIVO GERAL.....	13
1.6	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
1.7	METODOLOGIA PROPOSTA.....	14

CAPÍTULO II

MANUTENÇÃO, CONFIABILIDADE E RISCO

2.1	INTRODUÇÃO.....	16
2.2	CONCEITOS DE MANUTENÇÃO.....	16
2.2.1	Falha	16
2.2.2	Estratégias de Manutenção	17
2.2.3	Planejamento da Inspeção e da Manutenção	18
2.2.4	Ciclo de Vida e Curva da Banheira	25
2.2.5	Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA - <i>Failure Model and Effect Analysis</i>)	27
2.3	CONCEITOS DE CONFIABILIDADE.....	32
2.3.1	Noções da Probabilidade de Falha	33
2.3.1.1	Criticidade e Probabilidade de Ocorrência da Falha.....	35
2.3.1.2	Definição de Probabilidade.....	36
2.3.1.3	Axiomas da Probabilidade.....	37
2.3.2	Taxa de Falha	37

2.3.3	MTBF (<i>Mean Time Between Failures</i> - Tempo Médio entre Falhas)...	38
2.3.4	MTTR (<i>Mean Time to Repair</i> - Tempo Médio para Reparar).....	38
2.3.5	Confiabilidade.....	39
2.3.5.1	A Função Confiabilidade.....	39
2.3.5.2	Funções de Confiabilidade para Distribuição Exponencial.....	40
2.3.5.3	Função Confiabilidade para Distribuição de Weibull.....	42
2.3.6	Mantenabilidade ou Manutenibilidade.....	45
2.3.7	Disponibilidade.....	46
2.3.8	Confiabilidade de Sistemas.....	47
2.3.8.1	Sistema em Série.....	47
2.3.8.2	Sistema em Paralelo.....	48
2.3.9	Análise de Árvore de Falhas (FTA - <i>Failure Tree Analysis</i>).....	49
2.4	TRATAMENTO DE DADOS DE FALHAS.....	51
2.4.1	Métodos de Regressão.....	51
2.4.1.1	Máxima Verossimilhança (MLE - <i>Maximum Likelihood Estimation</i>).....	51
2.4.1.2	Regressão Linear em Y (Método RRY).....	54
2.4.2	Coeficiente de Determinação (R^2).....	57
2.4.3	Análise Reversa.....	60
2.4.4	Análise de Sensibilidade.....	61
2.5	CONCEITOS DE RISCO.....	61
2.5.1	Definição.....	61
2.5.2	Matriz de Risco.....	62
2.5.3	Critérios de Aceitabilidade.....	63
2.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64

CAPÍTULO III

MÉTODOS DE TOMADA DE DECISÃO NA MANUTENÇÃO

3.1	MANUTENÇÃO BASEADA EM CONDIÇÃO (CBM - <i>CONDITION BASED MAINTENANCE</i>).....	65
3.1.1	Implementação da CBM	67
3.1.2	Análise Estatística da CBM	71
3.1.3	Benefícios da CBM	73
3.1.4	Sistema de Controle, Segurança e Emergência	75
3.2	MANUTENÇÃO BASEADA NO RISCO (RBM - <i>RISK BASED MAINTENANCE</i>).....	78
3.2.1	Implementação da Manutenção Baseada no Risco (RBM)	79
3.2.1.1	Identificação do Escopo.....	82
3.2.1.2	Avaliação de Risco na RBM.....	83
3.2.1.3	Critério de Risco.....	83
3.2.1.4	Planejamento de Manutenção na RBM.....	84
3.2.3	Técnicas de Análise de Manutenção	84
3.2.4	Matriz de Risco na RBM	86
3.2.5	Vantagens e Desvantagens da Metodologia	86

CAPÍTULO IV

ESTUDO DE CASO

4.1	DESENVOLVIMENTO DO MODELO.....	87
4.2	ESCOPO.....	88
4.2.1	Dados Operacionais	90
4.3	HIERARQUIZAÇÃO DOS DADOS.....	91
4.4	OBTENÇÃO DA PROBABILIDADE DE FALHA.....	92
4.4.1	Influência da Manutenção Preventiva no Comportamento da Curva do $PoF(t)$	95
4.4.2	Definição da Equação do $PoF(t)$	96

4.4.3	Regressão de Dados de Manutenção	96
4.5	OBTENÇÃO DA CONSEQUÊNCIA DE FALHA	99
4.5.1	FMEA	100
4.6	INTENSIFICADORES	101
4.6.1	Fator Intensificador do Evento de Alarme	102
4.6.2	Fator Intensificador do Evento de Intertravamento	105
4.6.3	Regressão de Dados de Processo (Intensificadores)	108
4.6.4	Fator Intensificador do Evento de Não Conformidade na Manutenção Preditiva	109
4.7	RISCO	111
4.7.1	Cálculo do Risco Dinâmico	112
4.8	RISCO TOLERÁVEL	114
4.9	MODELAGEM MATEMÁTICA	116
4.9.1	Aplicação do Conceito	116

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1	PROBABILIDADE DE FALHA	117
5.1.1	Probabilidade de Falha na Unidade de Compressão A	123
5.1.1.1	Resultados do Compressor A.....	123
5.1.1.2	Resultados do Motor a Gás A.....	125
5.1.2	Probabilidade de Falha na Unidade de Compressão B	127
5.1.2.1	Resultados do Compressor B.....	127
5.1.2.2	Resultados do Motor a Gás B.....	130
5.1.3	Probabilidade de Falha na Unidade de Compressão C	132
5.1.3.1	Resultados do Compressor C.....	132
5.1.3.2	Resultados do Motor a Gás C.....	134

5.2	RISCO DINÂMICO.....	136
5.2.1	Risco Dinâmico na Unidade de Compressão A.....	137
5.2.1.1	Resultados do Compressor A.....	137
5.2.1.2	Resultados do Motor a Gás A.....	140
5.2.2	Risco Dinâmico na Unidade de Compressão B.....	143
5.2.2.1	Resultados do Compressor B.....	143
5.2.2.2	Resultados do Motor a Gás B.....	146
5.2.3	Risco Dinâmico na Unidade de Compressão C.....	147
5.2.3.1	Resultados do Compressor C.....	147
5.2.3.2	Resultados do Motor a Gás C.....	150
5.3	RISCO DINÂMICO GLOBAL.....	151
5.4	REDUÇÃO DA ESCALA DE TEMPO.....	154

CAPÍTULO VI

CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1	CONCLUSÕES.....	158
6.2	RECOMENDAÇÕES.....	161
6.3	CONTINUIDADE DA PESQUISA.....	162
6.4	COMENTÁRIOS.....	163

	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	165
--	--	-----

	OUTRAS FONTES DE CONSULTA.....	174
--	---------------------------------------	-----

	APÊNDICE A.....	175
--	------------------------	-----

APÊNDICE B.....	257
APÊNDICE C.....	263
APÊNDICE D.....	291
APÊNDICE E.....	296

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

A indústria de petróleo e gás natural envolve grandes custos de investimento de capital, assim como custos operacionais. As plantas de processamento de gás natural são elementos essenciais para a garantia do escoamento e distribuição ao longo da malha logística do gás natural, validando sua importância dentro do segmento industrial. A continuidade operacional destas plantas é assegurada principalmente pelos seus sistemas de compressão, que devem ser submetidos a uma estratégia de integridade bastante eficaz.

O conceito da garantia de produção depende da busca pela confiabilidade nas várias fases do ciclo de vida de um sistema e envolve as atividades implementadas para alcançar e manter um nível de desempenho, o que corrobora para a economia e, ao mesmo tempo, permite o atendimento às condições regulamentares e aplicáveis.

Portanto, a otimização da disponibilidade de produção nos negócios de petróleo e gás, requer uma abordagem integrada de confiabilidade, da disponibilidade e da manutenibilidade dos sistemas e componentes que são utilizados. Assim, a redução do lucro cessante (que são os prejuízos causados pela interrupção de quaisquer das atividades de uma empresa no qual o objeto de suas atividades é o lucro) e do custo operacional utilizando-se de novas estratégias e técnicas de manutenção, permite assegurar a plena produção.

Aderente a esta premissa, entre as mais recentes estratégias de manutenção, tem-se a gestão de ativos (expressam o conjunto de bens, valores, créditos, direitos e semelhantes que formam o patrimônio de uma empresa), que prioriza atividades nos ativos em função da contribuição destes e de seus efeitos nos resultados financeiros, combinando com os aspectos legislativos, normativos e de segurança.

A gestão de ativos, atualmente orientada pela ISO 55000 (2014), recomenda o uso das seguintes estratégias de manutenção: Manutenção Baseada no Risco (*Risk*

Based Maintenance - RBM) e Manutenção Baseada em Condição (*Condition Based Maintenance* - CBM) para orientar a priorização nas atividades de manutenção dos ativos em um ambiente produtivo.

Assim, o presente trabalho vai ao encontro desta premissa, e propõe o desenvolvimento de um modelo de estratégia de manutenção que combina a Manutenção Baseada no Risco, com o emprego da confiabilidade de sistemas nos dados históricos de manutenção e análise de riscos financeiros e de segurança (integridade, pessoas e de meio ambiente); e a Manutenção Baseada em Condição, que permite o cálculo do risco atual de forma dinâmica em função do tempo, utilizando dados de manutenção preditiva e do controle do processo (alarmes e intertravamentos). Desta forma, este parâmetro calculado passa a ser o direcionador para a estratégia de manutenção proposta, tornando este modelo uma ferramenta de tomada de decisão.

1.1 ESTADO DA ARTE

Neste trabalho propõe-se uma estratégia de gestão de ativos, pois esta se apresenta num modelo que combina a Manutenção Baseada no Risco (RBM) com a Manutenção Baseada em Condição (CBM). Desta forma, a seguir é apresentado o estado da arte acerca das técnicas e metodologias de manutenção que são a base para a modelagem proposta.

Conforme a ISO 55000 (2014), a gestão de ativos permite a uma organização perceber o valor dos ativos na realização dos seus objetivos organizacionais. O que constitui esta grandeza depende dos objetivos, da natureza e da finalidade da organização, além das necessidades e expectativas das partes interessadas. A gestão de ativos apoia a realização de valor, equilibrando os custos financeiros, ambientais e sociais, o risco, a qualidade de serviço e o desempenho relacionados aos ativos.

Assim, a gestão de ativos traduz os objetivos da organização em decisões patrimoniais, planos e atividades, entre estas as atividades voltadas para a manutenção dos equipamentos, mediante o gerenciamento de ativos, recomendado e orientado através da ISO 55000 (2014), que utiliza uma abordagem baseada no risco e na condição.

MORTELARI et alii (2011) cita que a organização da gestão de ativos não se trata de uma nova estruturação da empresa, mas sim do entendimento da necessidade de sinergia dos *stakeholders* (parte interessada) envolvidos diretamente no processo operacional, na elaboração de medidas proativas para garantir um nível aceitável de confiabilidade dos ativos e nos processos produtivos.

KARDEC et alii (2014) explana que o processo de gestão de ativos é a forma mais atual de gestão empresarial para ajudar a alavancar os resultados estratégicos buscados por cada organização.

Dentre as técnicas adotadas na gestão de ativos, conforme citado anteriormente, tem-se o planejamento de manutenção baseada na análise de risco que minimiza a probabilidade de falha do sistema e as suas consequências (relacionadas à segurança, economia e meio ambiente), que corrobora para a tomada de decisões corretas quanto aos investimentos e custos da manutenção ou áreas afins, que por sua vez, irá resultar em melhor utilização do capital e dos próprios ativos.

Porém, como fora já citado, no que se refere as ferramentas de suporte a gestão de ativos adotadas neste trabalho, quanto à Inspeção Baseada no Risco (IBR) ou *Risk Based Inspection* (RBI), deve-se destacar que a organização ABS (*American Bureau of Shipping*) fomenta a integração das técnicas de Manutenção Centrada em Confiabilidade (*Reliability Centered Maintenance* - RCM) conforme as publicações ABS (2003) e ABS (2004), e Inspeção Baseada no Risco (*Risk Based Inspection* - RBI) conforme ABS (2003).

Outrossim, seguindo esta tendência na área naval, SERRATELLA et alii (2007) descrevem uma abordagem para o desenvolvimento de planos combinando estas para estruturas e máquinas de embarcações e unidades *offshore*, que possam

resultar em melhoria significativa no gerenciamento da integridade de ativos e redução de custos, visando otimizar o ciclo de vida.

Ainda referente à consolidação dessas ferramentas de gestão de ativos nas organizações de grandes segmentos da indústria, como a de petróleo e gás, deve-se citar a API (*American Petroleum Institute*) que detalha a técnica de Inspeção Baseada no Risco (IBR) ou RBI na API 580 (2009) e a API 581 (2008), que trata da implementação da ferramenta em equipamentos estáticos (tubulações, vasos, válvulas de segurança, entre outros) voltada para a área de *dowstream* do petróleo, que envolve seu refino e distribuição.

Especificamente nesta área, KHAN & HADDARA (2003) também apresentaram uma metodologia de Manutenção Baseada no Risco (RBM - *Risk Based Maintenance*). Esta proposta é mais abrangente e quantitativa, sendo composta pelos módulos de identificação do escopo, estimativa de risco, avaliação do risco e o planejamento da manutenção baseado em risco.

Destaca-se também o estudo de caso de uma unidade de geração de energia térmica apresentada por KRISHNASAMY et alii (2005) que fez uso da estratégia desta mesma metodologia RBM. Seus resultados indicam que a metodologia é bem sucedida na identificação do equipamento crítico e na redução do risco de que resulta da incapacidade do equipamento. A redução do risco é obtida através da adoção de um plano de manutenção que não só aumenta a confiabilidade do equipamento, mas também reduz o custo de manutenção, incluindo o custo da falha.

No trabalho de ETI et alii (2006), desenvolveu-se uma abordagem para a integração entre a análise RAMS (*Reliability, Availability, Maintainability and Safety* - Confiabilidade, Disponibilidade, Mantenabilidade e Segurança), cujo cálculo do risco foi adotado e desenvolvido como um guia para as políticas de manutenção visando reduzir a frequência de falhas e os custos de manutenção.

Como base literária para o desenvolvimento da atividade de implantação da Inspeção Baseada em Risco, no trabalho de ARUNRAJ & MAITI (2007) pode-se encontrar uma extensa avaliação do estado da arte neste tema, seguido de uma

investigação de técnicas de identificação de riscos, suas consequências e estimativas, tanto quantitativos como qualitativos.

Conforme HU et alii (2009), a estratégia de manutenção com base no risco (RBM - *Risk Based Maintenance*) pode ser usada no desenvolvimento de um plano de manutenção de baixo custo para fomentar melhorias financeiras e de segurança em um sistema de *up&down-stream*¹ da área de óleo e gás, e também de petroquímica, além de mostrar que a abordagem baseada no risco permite a modelagem da manutenção com base na redução proporcional da vida útil e na sua aplicação.

A adoção destas ferramentas baseadas em risco são reforçadas pela metodologia de RBIM (*Risk Based Inspection and Maintenance* - Inspeção e Manutenção Baseadas no Risco) proposta em BERTOLINI et alii (2009), pois pode ser adaptada e utilizada em muitas situações que podem surgir na indústria de petróleo e gás.

Através desta metodologia, é possível fazer uma análise não só da falha, mas também para estimar os aspectos ambientais associados às atividades operacionais, ao risco de segurança e para se prover uma análise de investimento. Ainda apresenta o procedimento de inspeção e de manutenção baseado em risco a uma refinaria de petróleo.

Seguindo linha similar da pesquisa deste, tendo em conta a estratégia de manutenção baseada em risco, o trabalho de KANCEV & CEPIN (2011) reuniu e analisou um número substancial e significativo de estudos que têm sido realizados sobre o desenvolvimento da estratégia de testes e de manutenção baseadas no risco do processo nas indústrias em geral, entre estes, como o modelo baseado em risco para a manutenção de um oleoduto no trabalho de DEY et alii (1998), e o modelo de gestão sistemática de segurança com aplicação na indústria de petróleo e gás (SANTOS-REYES & BEARD, 2009) e a revisão do planejamento da análise de perigos para um complexo de fábricas de produtos químicos (RENIERS, 2009).

¹*Upstream* é o termo utilizado na indústria do petróleo que significa a parte da cadeia produtiva que antecede o refino, abrangendo desta forma as atividades de exploração, desenvolvimento, produção e transporte para beneficiamento, e, *downstream* refere-se às atividades de transporte e distribuição de produtos da indústria do petróleo, desde a refinaria até as empresas de distribuição ou até os pontos de venda ao consumidor final ou mesmo os estabelecimentos industriais.

Já o trabalho de QINGFENG et alii (2011) enfatiza a importância da integração do gerenciamento do risco com a gestão integrada, e investiga a necessidade da aplicação na indústria do processo de gestão da integridade, que pode garantir a operação livre de falhas em equipamentos. A aplicação dos resultados sugere que o uso dos modelos de indicadores da RAM (*Reliability, Availability and Maintainability* - Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade), dos modelos de indicadores de manutenção preditiva e do modelo indicador da classificação dinâmica de risco, devem ser considerados na tomada de decisão e no planejamento de manutenção, afim de aumentar a confiabilidade, a disponibilidade, a manutenibilidade e a segurança dos equipamentos.

Mais recentemente, um trabalho a ser destacado de Manutenção Baseada no Risco é o modelo proposto em ramo/tipo diferente de indústria, uma fábrica de cimento (KIRAN et alii, 2016), cujo foco é identificar sistemas de maior risco, e assim promover ações preventivas e corretivas na estratégia de manutenção da planta que incrementem a sua disponibilidade.

Deve-se destacar que a estratégia de Manutenção Baseada no Risco está bem consolidada e já é seguida inclusive na área de serviços, além do ambiente de produção, como é observado no trabalho de DICKERSON & ACKERMAN (2016), que propôs a adoção da estratégia de manutenção baseada em risco como piloto em uma escola pública dos Estados Unidos da América utilizando o sistema FMEA (*Failure Mode Effect Analysis* - Análise de Modo e Efeito de Falha) para identificar e hierarquizar as ações de manutenção e do risco.

Quanto à outra ferramenta de gestão de ativos adotada neste trabalho como base do modelo proposto para garantir a atualização do risco do equipamento no tempo, a Manutenção Baseada em Condição (CBM - *Condition Based Maintenance*), técnica também extensamente adotada no meio produtivo e investigada no meio acadêmico, pode ser vista na sequência.

Deve-se destacar que o modelo a ser proposto no presente trabalho segue a mesma metodologia de integração de distintas fontes de informação dos sistemas de gestão de manutenção e produção apresentado através de MIMOSA (2008) que utiliza a Manutenção Baseada em Condição, estratégia consolidada em normas como a ISO

13374-1 (2003), que descreve consoante aos dados dos ativos de produção, devem ser adquiridos, tratados e diagnosticados afim de subsidiar a tomada de decisão na área de manutenção.

Já para TINGA et alii (2010), a Manutenção Baseada em Condição (*Condition Based Maintenance* - CBM) constitui um conjunto de processos e capacidades de manutenção derivados da avaliação em tempo real do estado de máquinas obtido a partir de sensores embutidos ou instalados e processamento de sinais on-line. Quanto ao prognóstico ou análise dos dados, trata-se de uma sistemática onde se prediz a vida útil restante dos equipamentos definidos pelas condições operacionais.

Na área de óleo e gás, TELFORD et alii (2011) apresentaram a importância da adoção estratégica da Manutenção Baseada em Condição, considerando a instrumentação existente neste tipo de planta e destacando a particularidade dos sinais a serem analisados nos seus equipamentos, tais como bombas, motores, redutores, compressores, mancais, trocadores de calor, separadores, evidenciando o sistema de craqueamento e desidratação, e reforçando o aspecto que a instrumentação da automação dos novos projetos contemplem não somente a controlabilidade, como também o monitoramento remoto com foco em manutenção.

AHMAD & KAMARUDDIN (2012) mostram uma extensa análise do estado da arte para aplicação industrial da Manutenção Baseada em Condição, suas características, implementação e benefícios estratégicos, combinado-a com a tradicional Manutenção Baseada no Tempo, ambas pró-ativas de manutenção; comparando-as, no qual destacam os cuidados a respeito da aderência adequada destas técnicas no ambiente produtivo principalmente no que tange ao uso para a tomada de decisão quanto à garantia de produção e otimização da manutenção.

A estratégia de Manutenção Baseada em Condição é bastante consolidada na área de equipamentos dinâmicos, principalmente em compressores, seja para a produção de energia ou para condução de processos termo-químicos no ambiente produtivo, cujos avanços residem atualmente na integração dos dados de processo e de controle, conforme apontado na mesma literatura e na introdução de novas ferramentas não intrusivas de análise preditiva, como demonstrado no trabalho de GOWID et alii (2016), que analisa distintas técnicas de detecção preditiva de falhas

de forma coletiva e integradas para se obter um diagnóstico de maior precisão, e assim otimizar a eficiência desta.

A Manutenção Baseada em Condição é aplicada também em outros segmentos além da indústria, como o logístico, tal como o setor ferroviário, destacado no trabalho de MAGRO et alii (2016) e no setor naval, conforme trabalho de RAPTODIMOS et alii (2016).

Observa-se através da análise do estado da arte disponível na literatura acerca de Manutenção Baseada no Risco e Manutenção Baseada em Condição, que ambas estão bem consolidadas no meio industrial e acadêmico, cuja conceituação, implementação e seus processos de gestão estão normatizados como já fora dito anteriormente, pelas organizações internacionais de engenharia dos distintos setores da indústria (API, ISA, ISO, BS, ABS), porém, destaca-se a importância da adoção destas técnicas de forma combinada e integrada com outras estratégias de manutenção, e suportadas por uma plataforma de gerenciamento que é uma das premissas da adoção de gerenciamento de ativos, prevista na ISO 55000 (2014).

1.2 MOTIVAÇÃO

A principal motivação deste trabalho é a busca pela redução do lucro cessante (que são os prejuízos causados pela interrupção de quaisquer das atividades de uma empresa no qual o objeto de suas atividades é o lucro) e o custo operacional, utilizando-se de novas estratégias e técnicas de manutenção para assegurar a plena produção; e além disso, viabilizar a redução do risco de segurança (integridade, pessoas e de meio ambiente) e financeiros de uma indústria como resultado de uma falha.

1.3 JUSTIFICATIVA

Considerando que a gestão de ativos traduz os objetivos da organização em decisões patrimoniais, planos e atividades, entre estas as atividades voltadas para a manutenção dos equipamentos, através do gerenciamento de ativos, tendo como base a ISO 55000 (2014), que utiliza uma abordagem baseada no risco e na condição. Este modelo de gestão busca o equilíbrio entre os custos financeiros, ambientais e sociais, o risco, a qualidade de serviço e o desempenho relacionados aos ativos e procura ainda a necessidade de sinergia das partes interessadas envolvidas diretamente no processo operacional, na elaboração de medidas proativas para garantir um nível aceitável de confiabilidade dos ativos e nos processos produtivos.

Analisando estas informações adotei a combinação da Manutenção Baseada no Risco (*Risk Based Maintenance* - RBM) e a estratégia de Manutenção Baseada em Condição (*Condition Based Maintenance* - CBM), ambas consolidadas na indústria e na literatura como já fora demonstrado no item 1.1, e recomendadas pela gestão de ativos, para assim priorizar e determinar as atividades de manutenção de sistemas críticos com foco em condição, risco financeiro e de segurança (integridade, pessoas e ambiental).

Outrossim, o planejamento da manutenção baseada na análise de risco (RBM), que minimiza a probabilidade de falha do sistema e as suas consequências (relacionadas à segurança, economia e meio ambiente), colaborará para a tomada de decisões corretas quanto aos investimentos e custeios da manutenção ou áreas afins, que por sua vez, irá resultar em melhor utilização do capital e dos próprios ativos. Esta metodologia é mais abrangente e quantitativa, sendo composta pelos módulos de identificação do escopo, estimativa de risco, avaliação do risco e o planejamento da manutenção. A redução do risco é obtida através da adoção de um plano de manutenção que além de aumentar a confiabilidade, a disponibilidade, a manutenibilidade e a segurança dos equipamentos, também reduz o custo de manutenção, incluindo o custo da falha (por meio da redução da frequência de falhas).

No caso da Manutenção Baseada em Condição (CBM), que é fundamentada no uso de dados em tempo real para priorizar e otimizar os recursos de manutenção, constitui num conjunto de processos e capacidades de manutenção derivados da avaliação em tempo real do estado de máquinas obtido a partir de sensores embutidos ou instalados e processamento de sinais on-line. Quanto ao prognóstico ou análise dos dados, trata-se de uma sistemática onde se prediz a vida útil restante dos equipamentos definidos pelas condições operacionais. A Manutenção Baseada em Condição permite ao pessoal de manutenção executar apenas as atividades necessárias, minimizando o custo, o tempo da atividade e o lucro cessante.

1.4 OBJETO DA PESQUISA

Como objeto desta pesquisa, será adotado um sistema de compressão de gás de uma planta com a capacidade de produção de gás para 2,5 Mm³/dia, responsável pelo tratamento e movimentação de gás produzido em campos marítimos, cujas principais características estão descritas na TAB. 1.1.

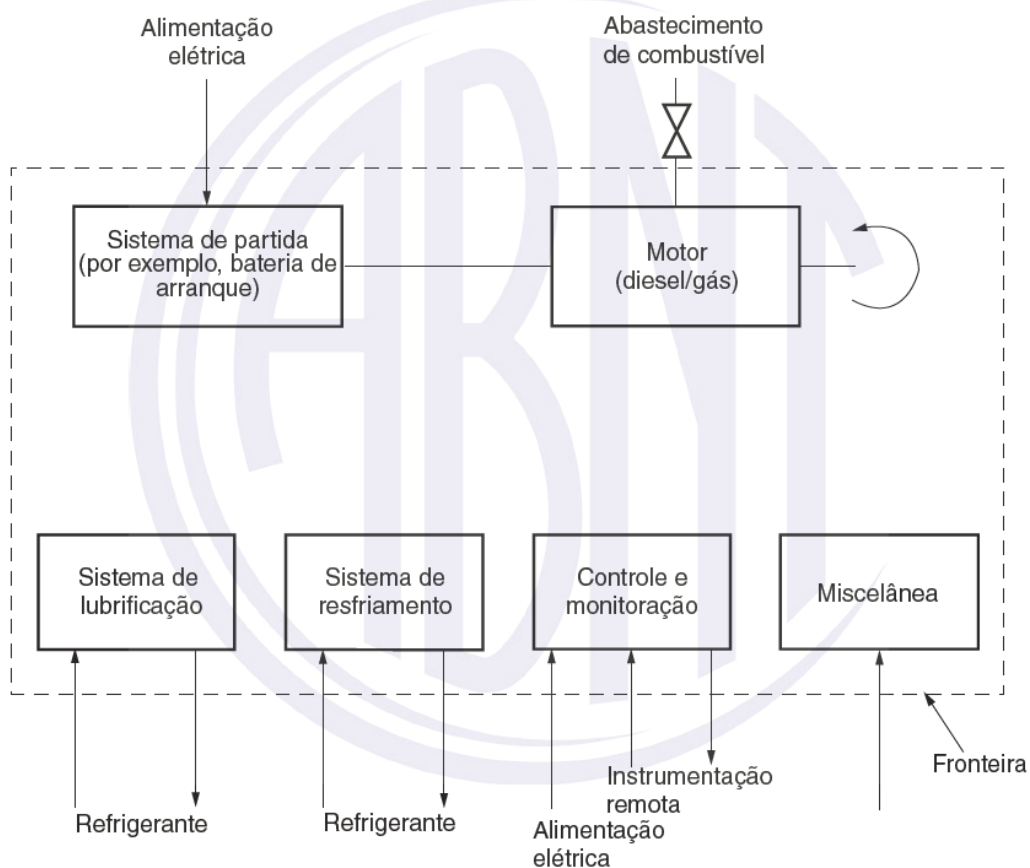
Tabela 1.1 - Especificação dos equipamentos

Número de compressores	3
Tipo	alternativo
Número de estágios	2
Pressão de descarga	10.840 kPa
Capacidade nominal	41.778 kg/h
Número de motores a gás	3
Ciclo do moto acionador	Otto 4 tempos
Tipo do motor	6 cilindros em linha
Potência	1.775 HP a 1.000 rpm

O sistema a ser analisado é constituído de um acionador, conforme esquematizado e mostrado nas FIG. 1.1 e 1.2, e pela unidade de compressão ilustrada nas FIG. 1.3 e 1.4, bem como seus subsistemas auxiliares tais como acoplamentos, sistema de selagem, lubrificação, refrigeração, combustão, elétrico, controle e monitoração,

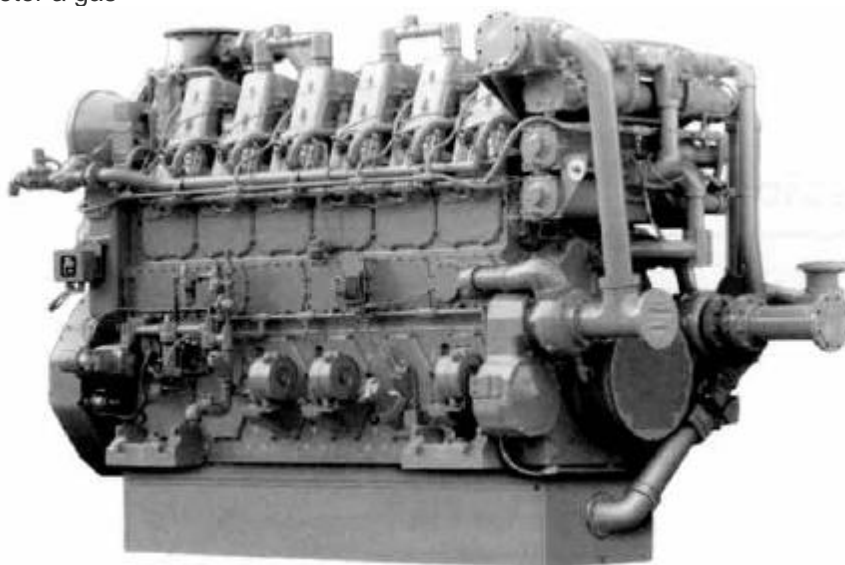
entre outros, baseado na classificação proposta na ABNT NBR ISO 14224 (2011); sabendo-se que fronteira é a interface entre um item e seus arredores.

Figura 1.1 - Definição de fronteira – Motores de combustão



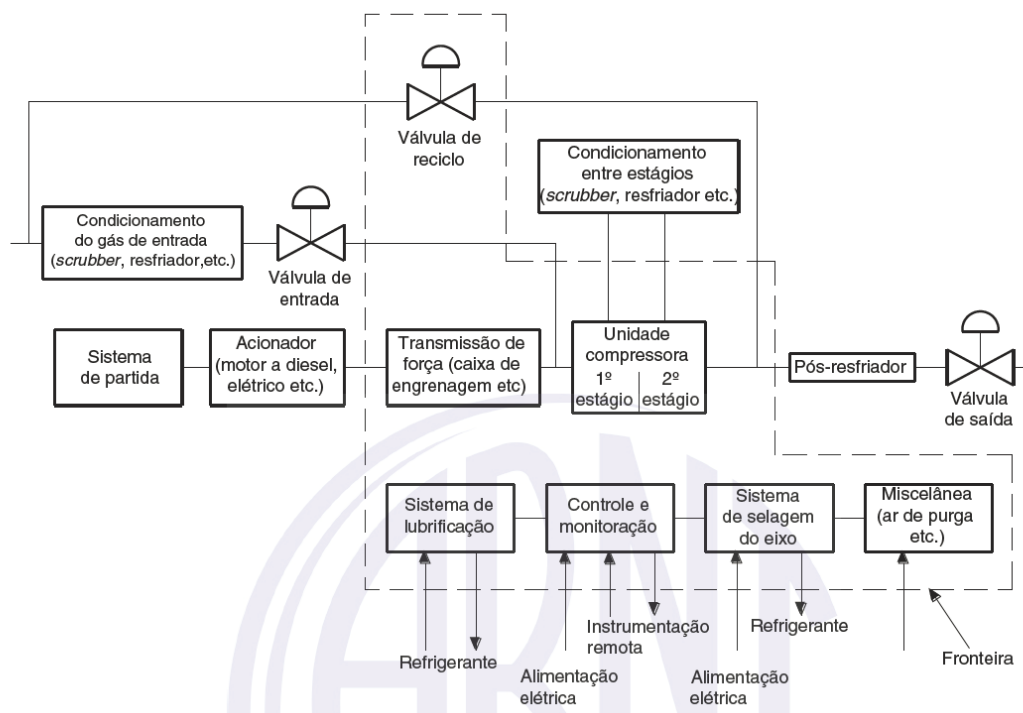
Fonte: ABNT NBR ISO 14224, 2011.

Figura 1.2 - Motor a gás



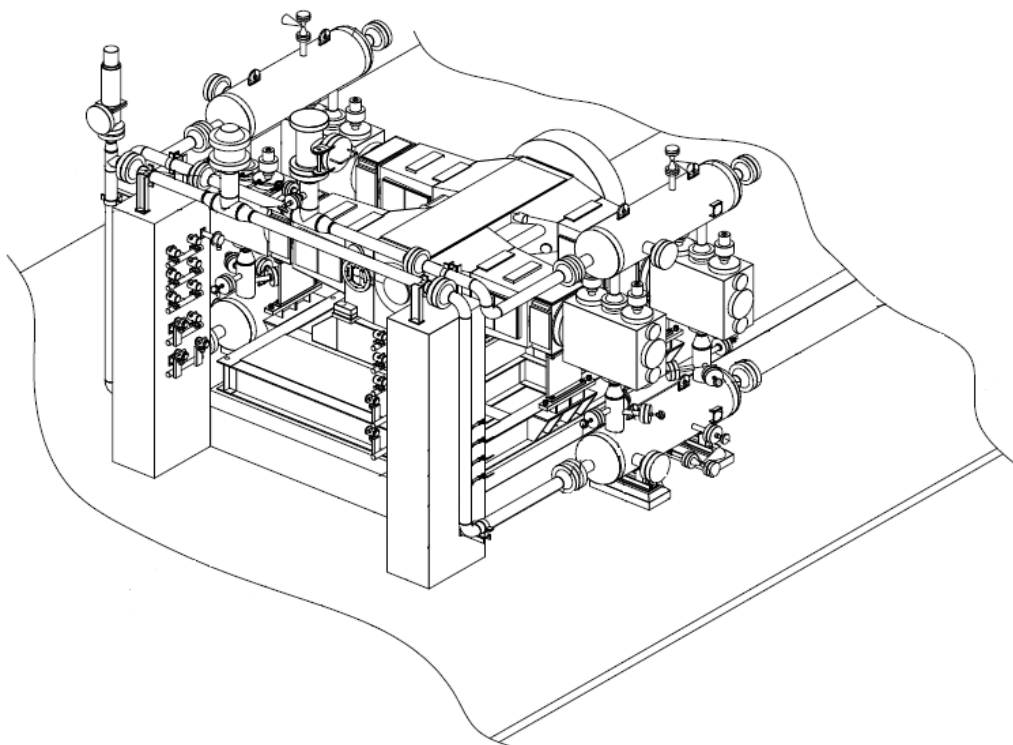
Fonte: *Operation and Maintenance Manual CAT G3606*.

Figura 1.3 - Definição de fronteira – Compressores



Fonte: ABNT NBR ISO 14224, 2011.

Figura 1.4 - Unidade de compressão

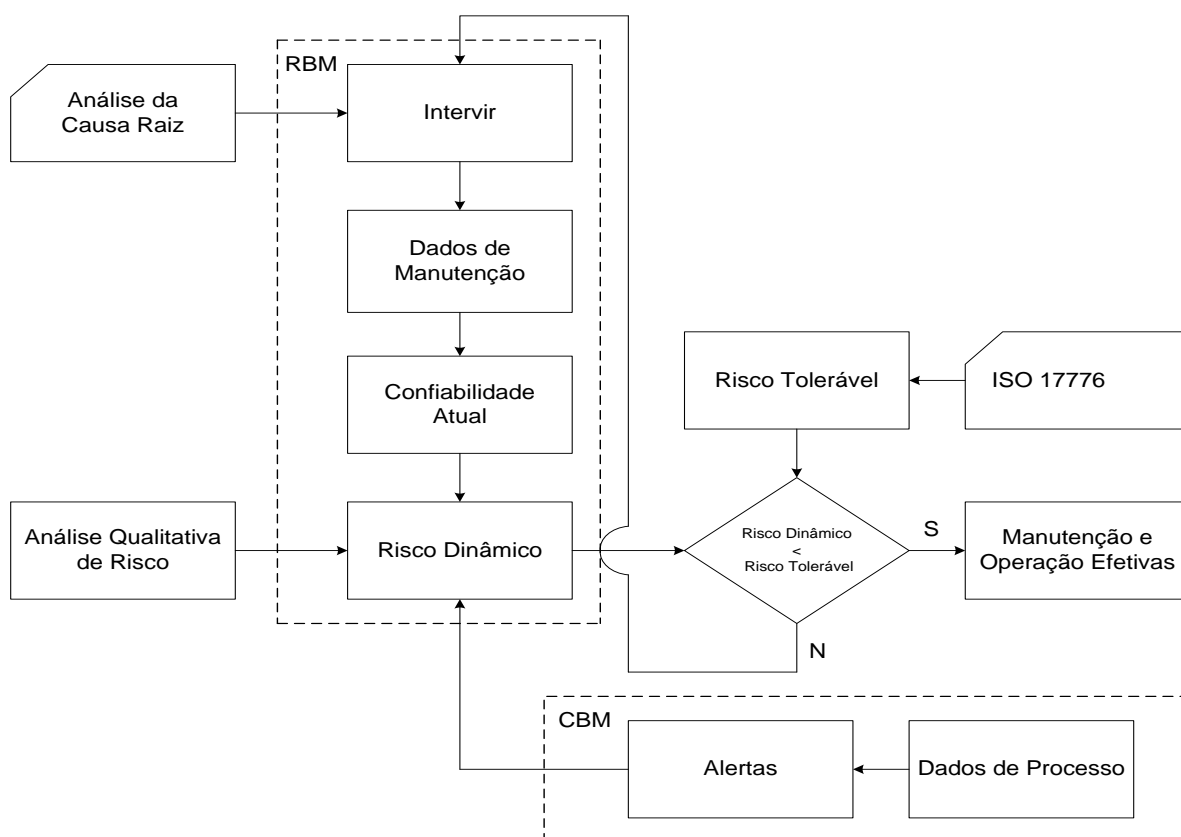


Fonte: Data Book NEUMAN & ESSER 1 TVL 130.

1.5 OBJETIVO GERAL

Neste trabalho propõe-se uma estratégia de otimização de manutenção, pois se apresenta num modelo que envolve a Manutenção Baseada no Risco (RBM - *Risk Based Maintenance*) combinada com a estratégia de Manutenção Baseada em Condição (CBM - *Condition Based Maintenance*), que avaliam o risco segundo a ISO 17776 (2000), elemento direcionador de decisões proativas da manutenção e operação, obtido de forma dinâmica, baseada nas correlações e interdependências entre as taxas de falhas dos equipamentos e os alarmes das variáveis de processo no subsistema analisado, conforme ilustrado na FIG. 1.5, utilizando-se do PDCA em melhoria contínua (CAMPOS, 1992).

Figura 1.5 - Avaliação do risco dinâmico



LEGENDA:

CBM - Condition Based Maintenance (Manutenção Baseada em Condição)
RBM - Risk Based Maintenance (Manutenção Baseada no Risco)

P (Plan) - Planejar metas, objetivos, métodos, procedimentos e padrões
D (Do) - Executar as tarefas planejadas
C (Check) - Verificar os resultados alcançados
A (Act) - Agir corretivamente e/ou como melhorias

A	P
C	D

1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Assim, de acordo com o que fora exposto, os objetivos específicos são os seguintes:

- a) Apresentar uma metodologia de Manutenção Baseada no Risco e Condição, cuja avaliação do risco é dinâmica e baseada na condição operacional do sistema, subsistema ou equipamento;
- b) Elaborar correlações para o cálculo de risco em tempo real de uma planta de gás natural, considerando novos dados de manutenção corretiva e preditiva, e de condição de processo (alarmes e intertravamentos), fundamentado na situação de funcionalidade vigente;
- c) Estabelecer limites toleráveis de risco para auxiliar na tomada de decisão baseados nos resultados em função do tempo;
- d) Avaliar de forma qualitativa a resolução e o corolário deste modelo aplicados ao escopo investigado;
- e) Permitir a abordagem simplificada num primeiro momento, com foco em integração e tratamento de dados de processo e falha, para viabilizar uma análise sistêmica baseada em risco.

1.7 METODOLOGIA PROPOSTA

A metodologia deste trabalho para atender os objetivos descritos envolve uma abordagem de investigação teórica que contempla:

- a) Levantamento bibliográfico acerca principalmente das técnicas e aplicações voltadas para as ferramentas de manutenção baseada em risco e condição aplicadas à gestão de ativos, cujo o estado da arte já fora discutido no Capítulo I;

b) Revisão bibliográfica, conceitos básicos de gestão e engenharia de manutenção, confiabilidade e risco, além disto, o enunciado dos métodos de tomada de decisão na manutenção: RCM (*Reliability Centered Maintenance* - Manutenção Centrada em Confiabilidade), RBI (*Risk Based Inspection* - Inspeção Baseada no Risco), RBM (*Risk Based Maintenance* - Manutenção Baseada no Risco) e CBM (*Condition Based Maintenance* - Manutenção Baseada em Condição), para dar suporte ao desenvolvimento teórico do tema proposto, estão comentados no Capítulo II;

c) Apresentação das ferramentas de manutenção e confiabilidade adotadas neste texto e voltados para o cânone em questão, através do Capítulo III;

Em seguida, esta tese envolve uma abordagem prática, no qual abrange,

d) O desenvolvimento de um modelo semi-quantitativo que cobre principalmente as técnicas de Manutenção Baseada no Risco (RBM) e Manutenção Baseada em Condição (CBM), assim como o tratamento de dados de falhas e de processo do escopo investigado, sendo mostrado no Capítulo IV;

e) A exposição e discussão dos resultados obtidos e graficados como paradigma no Capítulo V;

f) Através das Considerações Finais, as abordagens teóricas e práticas são analisadas e consolidadas no Capítulo VI.

Para fechamento, apresento apêndices onde dispõe-se de tabelas e figuras que demonstram os dados de confiabilidade e FMEA's utilizados neste propósito, informações complementares e gráficos adicionais, bem como os programas de computador empregados no estudo de caso, além de exemplos da simulação computacional do risco dinâmico.

CAPÍTULO II

MANUTENÇÃO, CONFIABILIDADE E RISCO

2.1 INTRODUÇÃO

Aqui serão apresentados e discutidos temas envolvendo as noções de engenharia de manutenção, confiabilidade e risco, que fomentaram o desenvolvimento da metodologia do modelo proposto neste trabalho.

2.2 CONCEITOS DE MANUTENÇÃO

Conforme KARDEC & NASCIF (2009), o ato de manter ou a manutenção, deve garantir a disponibilidade de função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados. A seguir apresento os conceitos associados à gestão de manutenção, relacionados a seu planejamento e controle, assim como os modelos mitigados do evento falha.

2.2.1 Falha

A falha funcional é a incapacidade de qualquer ativo para cumprir uma função a um nível de desempenho que é aceitável para o usuário, onde a performance padrão é determinada pela função, e essa perda pode ser parcial ou total.

2.2.2 Estratégias de Manutenção

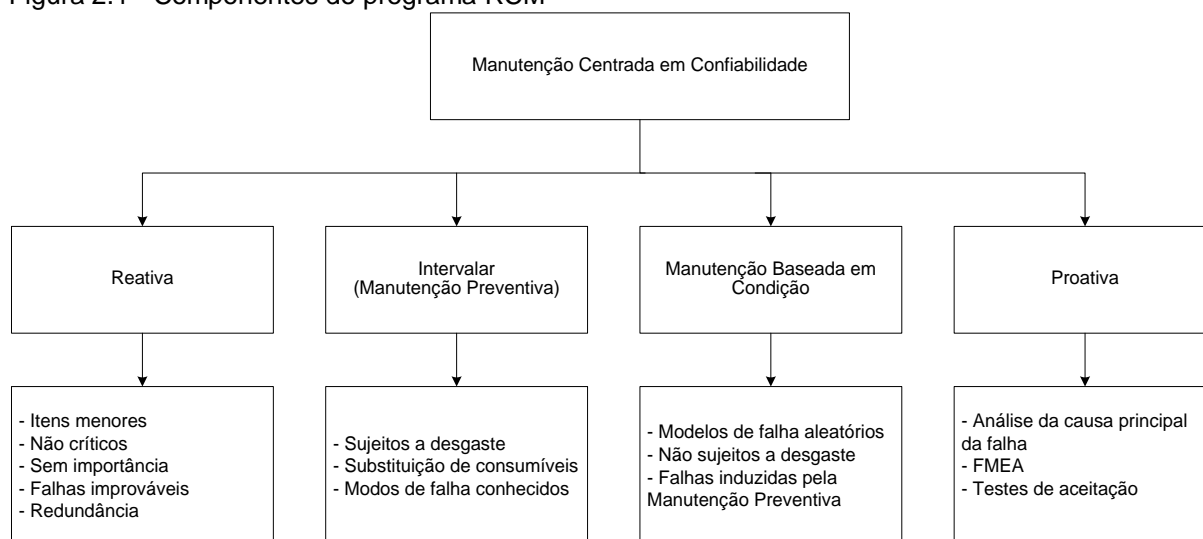
Mediante o evento de falha de um sistema, equipamento ou parte deste; o momento em que se atua para evitá-la, de forma proativa, ou corrigi-la de forma reativa, define a estratégia de manutenção adotada conforme o conjunto de práticas destacadas na FIG. 2.1 e elucidadas como segue.

a) Manutenção reativa: corretiva que abrange o reparo ou a substituição de peças de equipamentos após sua falha;

b) Manutenção proativa: planejada e programada, baseada em tempos ou condição, cujo compreende inspeções detectivas e preditivas, com ou sem substituições de peças e insumos antes da falha, ou

c) Engenharia de melhoria: envolve alterações de projetos ou peças, ou mesmo das estratégias de manutenção para mitigar as falhas.

Figura 2.1 - Componentes do programa RCM



Fonte: AFEFY, 2010.

2.2.3 Planejamento da Inspeção e da Manutenção

As atividades de inspeção, avaliação de riscos, ensaios ou testes e de manutenção, são planejadas e executadas de acordo com um plano definido. Esse plano tem que refletir o risco (probabilidade e consequência) do equipamento falhar e a estratégia em se detectar, prevenir, controlar e mitigar potenciais falhas. A condição dos equipamentos na sequência das ações de inspeção, de ensaio ou de manutenção, é arquivada na forma de histórico, analisada e deve ser utilizada para atualizar o planejamento baseado no risco (DNV-RP-G101, 2009). A FIG. 2.2 mostra um fluxograma de processo generalizado para o estabelecimento de um programa de inspeção e de manutenção.

O planejamento de inspeção e de manutenção deve refletir a criticidade do equipamento e seus necessários padrões de desempenho, visando as atividades de gerenciamento de risco. Ele deve procurar otimizar a alocação de recursos (mão de obra, equipamentos e ferramental de apoio especializado, peças de reposição, materiais de consumo) para manter o ciclo de vida do valor do ativo e não comprometer a produção ou compromissos assumidos com os *stakeholders*.

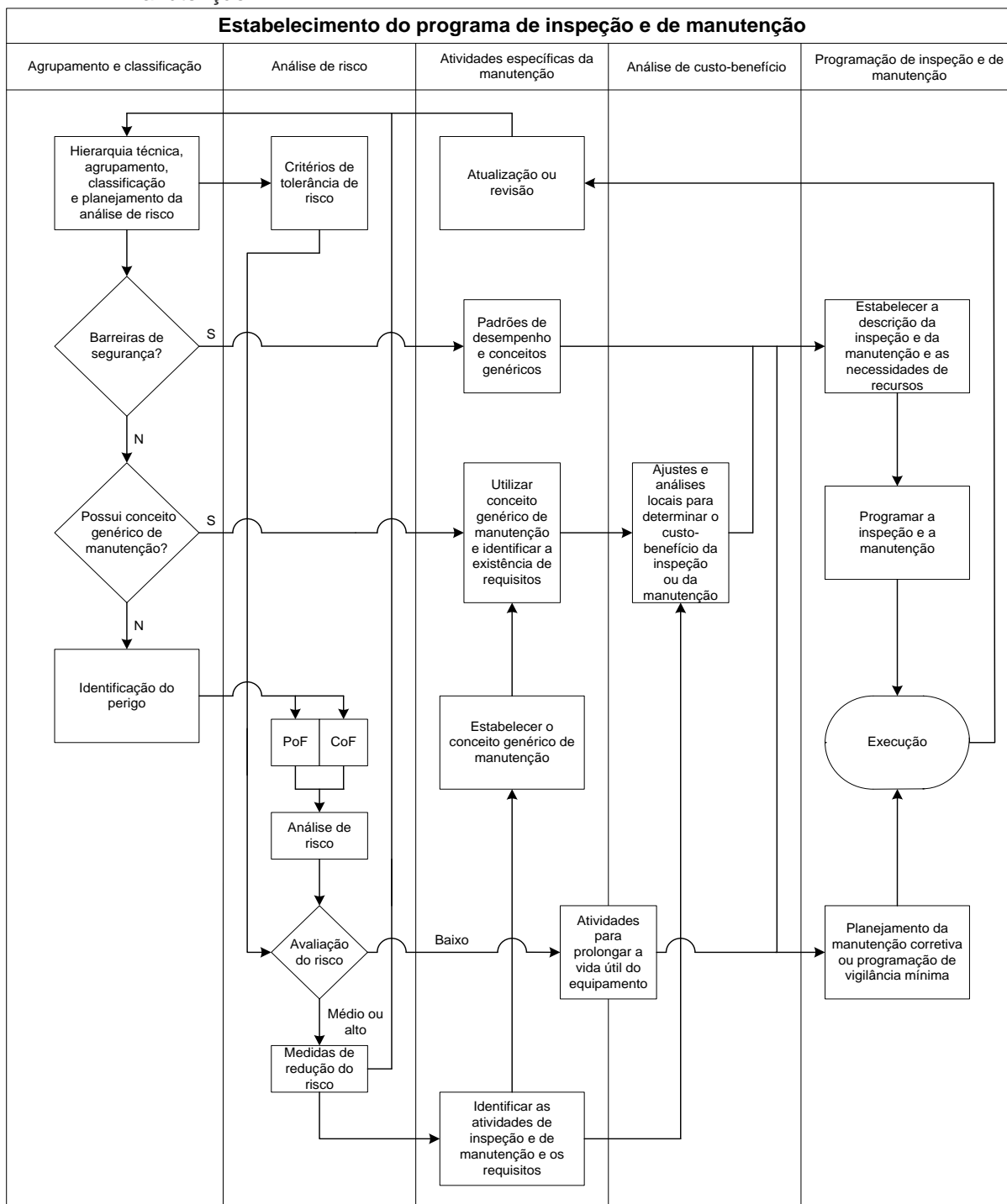
As estratégias de manutenção, sejam proativas ou reativas, podem coexistir ou não dependendo da natureza dos sistemas e seus equipamentos, assim como as características de suas falhas e de seu desenvolvimento.

Para o planejamento da manutenção, existem diversas técnicas ou ferramentas de tomadas de decisão bem consolidadas que orientam a organização e priorização das distintas atividades de manutenção (corretiva, preventiva e preditiva), disponíveis na literatura acadêmica e também em normas de organizações das indústrias afins, conforme apresentados no item 1.1.

Entre as técnicas destacam-se:

a) Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM - *Reliability Centered Maintenance*):

Figura 2.2 - Fluxograma de processo para o estabelecimento da programação de inspeção e de manutenção



Fonte: DNV-RP-G101, 2009.

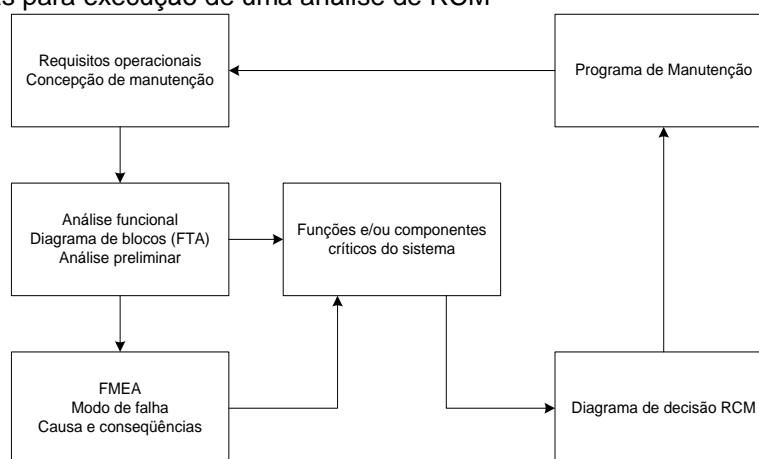
A Manutenção Centrada em Confiabilidade é uma metodologia sistemática usada para otimizar as estratégias de manutenção (MOUBRAY, 1997), onde os ativos são decompostos, extensivamente analisados e detalhados através do desmembramento na forma de FTA's (*Failure Tree Analysis* - Análise de Árvore de

Falhas), apresentada no item 2.3.9, sendo que na sequência são elaboradas as FMEA's (*Failure Model and Effect Analysis* - Análise de Modo e Efeito de Falha), a ser discutida no item 2.2.5, para os componentes mais críticos.

Desta forma, a organização e os processos de manutenção são criteriosamente redefinidos, e os três tipos de estratégias de manutenção são atribuídas a cada ativo, do funcionamento até a falha (*Run to Failure* - RTF), envolvendo manutenção preventiva e manutenção preditiva ou a combinação dessas técnicas/rotinas.

A FIG. 2.3 a seguir apresenta as etapas para execução de uma análise de RCM.

Figura 2.3 - Etapas para execução de uma análise de RCM



Fonte: LAFRAIA, 2001.

O detalhamento destas etapas é demonstrado através da TAB. 2.1.

O RCM é particularmente útil e viável para manutenção de instalações idênticas, entretanto é necessário certo nível de maturidade de manutenção para garantir que os dados dos ativos sejam precisos e completos.

Tabela 2.1 - Detalhamento das etapas da RCM

Requisitos operacionais	Análise funcional	Elaborar FMEA	Diagrama de decisões	Programa de Manutenção
Montar equipe de análise	Identificar funções	Definir os modos de falha	Aplicar diagrama de decisões	Comparar com atividades existentes
Identificar dados	Definir funções	Definir as causas das falhas	Identificar tarefas da manutenção preventiva	Detalhar instruções
Coletar dados	Definir falhas funcionais	Definir os efeitos das falhas	Identificar tarefas da manutenção preditiva	Revisar planos
Descrever sistema	Elaborar a FTA	Classificar consequência	Selecionar tarefas efetivas	Conduzir auditorias
Identificar elementos		Identificar sistemas críticos	Estabelecer intervalos	Conduzir mudanças de projeto
Definir fronteiras e interfaces			Identificar mudanças de projeto	

Fonte: LAFRAIA, 2001.

b) Manutenção Baseada em Condição (CBM - *Condition Based Maintenance*):

Segundo PADMANABHAN (2008), o CBM (*Condition Based Maintenance*) é baseado no uso de dados em tempo real para priorizar e otimizar os recursos de manutenção, onde observa-se o estado do sistema, sendo este conhecido como o monitoramento da condição. Tal sistema permite se determinar a saúde física do equipamento e agir apenas quando a manutenção é realmente ótima e necessária, minimizando o custo, o tempo da atividade e o lucro cessante.

Assim, desenvolvido nos últimos anos, colabora na extensa utilização e emprego de equipamentos de instrumentação (dispositivos ou aparelhos) e juntamente com a melhoria ou a modernização nas ferramentas/ferramental para a análise de dados relativos ao estado da integridade, permite que o pessoal envolvido seja capaz de decidir qual é o momento mais adequado para se realizar a manutenção de algum subconjunto do equipamento ou subsistema.

c) Inspeção Baseada no Risco (RBI - *Risk Based Inspection*):

A Inspeção Baseada no Risco (IBR ou RBI) prioriza a inspeção em equipamentos estáticos visando identificar, caracterizar, quantificar e avaliar o risco relacionado a

probabilidade de falha como um resultado da ocorrência de um evento específico e sua consequência. Na estratégia da RBI, o risco, segundo discutido no item 2.5, é utilizado como critério afim de priorizar as tarefas de inspeção para os sistemas.

As propostas da RBI incluem (ZHAOYANG et alii, 2011):

- i) Afastar-se da inspeção baseada em tempo, muitas vezes governada pelo cumprimento mínimo de normas, regulamentos e padrões de inspeção;
- ii) Aplicar uma estratégia de fazer o que é necessário para a salvaguarda da integridade e melhorar a confiabilidade e a disponibilidade do ativo, através do planejamento e da execução dessas inspeções que são necessárias;
- iii) Proporcionar benefícios econômicos, como um menor número de inspeções, onde temos menos ou mais curtas as paradas e extensão de prazos mais longos;
- iv) Salvaguardar a integridade;
- v) Reduzir o risco de falha.

A API 580 (2009) fomenta aos usuários os elementos básicos para o desenvolvimento, implementação e manutenção de um programa de inspeção baseada no risco (RBI). Esta norma fornece orientação aos proprietários, operadores e projetistas de equipamentos para desenvolver e implementar uma rotina ou rota de inspeção, cujas diretrizes permitem avaliar o programa e seu plano de inspeção. Assim, a abordagem enfatiza a operação segura e confiável através da ação de inspeção priorizada pelo risco.

Embora os métodos diferem na RBI a nível de detalhe dos dados de entrada e os resultados de saída, todos eles têm componentes comuns. Esses elementos são:

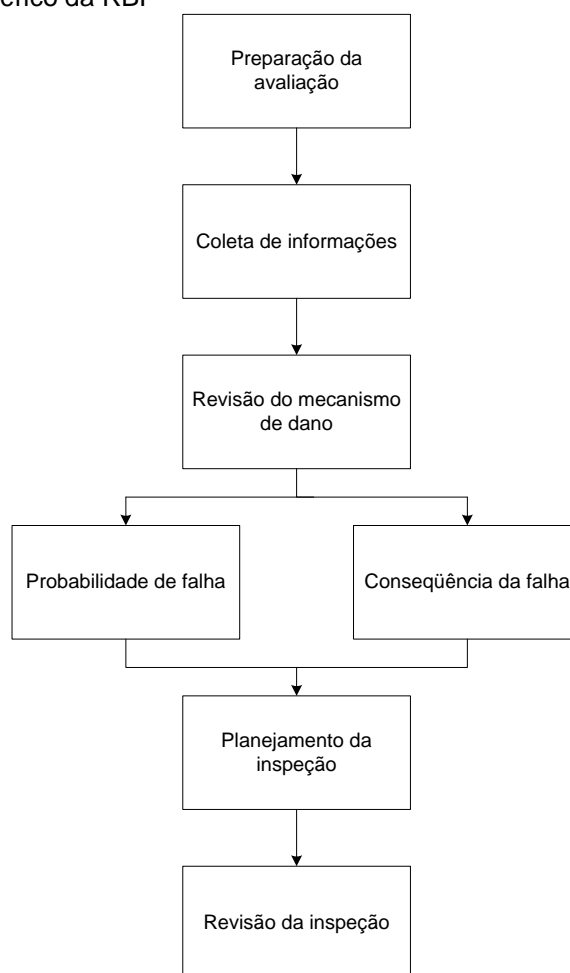
- i) Preparação da avaliação afim de definir o alcance;
- ii) Histórico de manutenção e coleta de informações de inspeção;
- iii) Mecanismo de dano;

iv) Avaliação de risco para se estabelecer a probabilidade e a consequência de falha;

v) Planejamento e priorização da inspeção baseada no risco, e

vi) Revisão da inspeção e atualização da sequência de inspeções futuras, conforme a FIG. 2.4.

Figura 2.4 - Processo genérico da RBI



Fonte: ABLITT & SPECK, 2005.

Deve-se destacar que a revisão do mecanismo de dano é importante porque neste estágio as estimativas da taxa de falha devem ser realizadas pela ferramenta RBI.

As fontes de informação para esta análise são:

- Tendência do histórico de inspeção e resultados de END's (ensaios não destrutivos);
- Registros históricos da manutenção e inspeção, e/ou
- Dados publicados, por exemplo na API 571 (2003), e os modelos de dano (se necessário).

Quando as taxas de falhas quantitativas não estão disponíveis, pode ser utilizada a experiência operacional do operador em serviço com o equipamento.

d) Manutenção Baseada em Risco (RBM - *Risk Based Maintenance*):

A Manutenção Baseada em Risco utiliza a mesma metodologia adotada na Inspeção Baseada em Risco cujo principal objetivo é o de reduzir o risco global que pode resultar como consequência de falhas inesperadas em instalações operacionais (KHAN & HADDARA, 2004).

A inspeção e atividades de manutenção são priorizadas com base na quantificação do risco causada devido à falha de um dos componentes, de modo que a soma do risco pode ser minimizada utilizando-se a manutenção baseada no risco. Os componentes de alto risco são inspecionados e mantidos com maior frequência e profundidade, visando alcançar critérios de risco toleráveis (BROWN & MAY, 2003).

Resumindo, a TAB. 2.2 apresenta uma síntese e comparação técnica entre as metodologias de manutenção que foram abordadas.

Dentre estas técnicas, conforme comentado no Capítulo I, adotou-se a Manutenção Baseada em Condição e a Manutenção Baseada em Risco para permitir o desenvolvimento do modelo, e que serão detalhadas no Capítulo III.

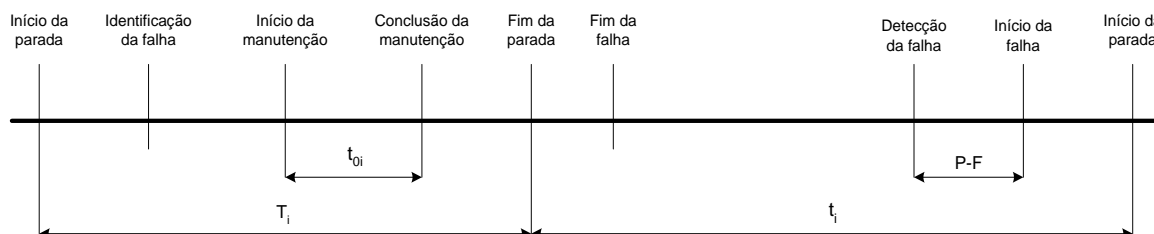
Tabela 2.2 - Estratégias de manutenção

Tabela de comparação entre metodologias de manutenção				
	RCM	CBM	RBM	RBI
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> Assegurar que um item ou sistema continue a preencher as suas funções desejadas Otimizar as estratégias de manutenção 	<ul style="list-style-type: none"> Acompanhar e medir a condição dos ativos para avaliar a possibilidade de falha Tomar as medidas adequadas para evitar as conseqüências dessa falha 	<ul style="list-style-type: none"> Reduzir o risco global das instalações operacionais 	<ul style="list-style-type: none"> Reduzir o risco global das instalações operacionais
Etapas (passos)	<ul style="list-style-type: none"> Levantar requisitos operacionais Fazer análise funcional Elaborar FMEA Aplicar diagrama de decisões Adequar Programa de Manutenção 	<ul style="list-style-type: none"> Fazer análise de custo-benefício Realizar auditorias nos equipamentos Verificar a criticidade e a confiabilidade Selecionar as tarefas de manutenção Selecionar o método de monitoramento Adquirir e analisar os dados coletados Determinar as ações de manutenção 	<ul style="list-style-type: none"> Identificar o escopo Avaliar o risco Definir o critério de risco Planejar a manutenção 	<ul style="list-style-type: none"> Identificar o escopo Avaliar o risco Definir o critério de risco Planejar a inspeção
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> Viável para manutenção de instalações idênticas Ideal para emprego na indústria aeronáutica (maior rigor na manutenção e segurança operacional) Aumento da disponibilidade dos sistemas Aumento da vida útil dos equipamentos 	<ul style="list-style-type: none"> A condição dos ativos é monitorada utilizando uma variedade de tecnologias com foco em manutenção preditiva Utilização de técnicas de controle de processos estatísticos Acompanhamento de desempenho do equipamento 	<ul style="list-style-type: none"> O valor quantitativo de risco é a base para a definição de prioridades de atividades de inspeção e manutenção Ao avaliar o nível de risco causado pela falha de cada item, permite priorizar as tarefas de manutenção para os componentes do sistema 	<ul style="list-style-type: none"> Gerenciar um plano de inspeção adequado ao risco apresentado Metodologia normalizada pela API 580 (2009) e API 581 (2008)
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> Manutenção detalhada e cara Necessidade de mão de obra qualificada Burocratiza a manutenção 	<ul style="list-style-type: none"> Manutenção de custo elevado Necessidade de mão de obra qualificada Equipamentos sofisticados para medição e controle Manutenção não apropriada para ativos sem desgaste aparente 	<ul style="list-style-type: none"> Manutenção de custo elevado Necessidade de equipe altamente qualificada Infraestrutura elaborada 	<ul style="list-style-type: none"> Os programas podem ser dispendiosos, devido ao volume e complexidade dos dados exigidos

2.2.4 Ciclo de Vida e Curva da Banheira

A FIG. 2.5 demonstra um trecho do ciclo de vida de um equipamento intercalado por períodos de operação e manutenção, onde t_i representa o tempo de operação, t_{0i} representa o tempo de reparo, e o T_i representa o tempo de parada. Desde que ocorra N_f falhas durante a operação e que os equipamentos possam continuar a serem utilizados após o primeiro reparo.

Figura 2.5 - Ciclo de operação e manutenção para os equipamentos



Fonte: QINGFENG et alii, 2011.

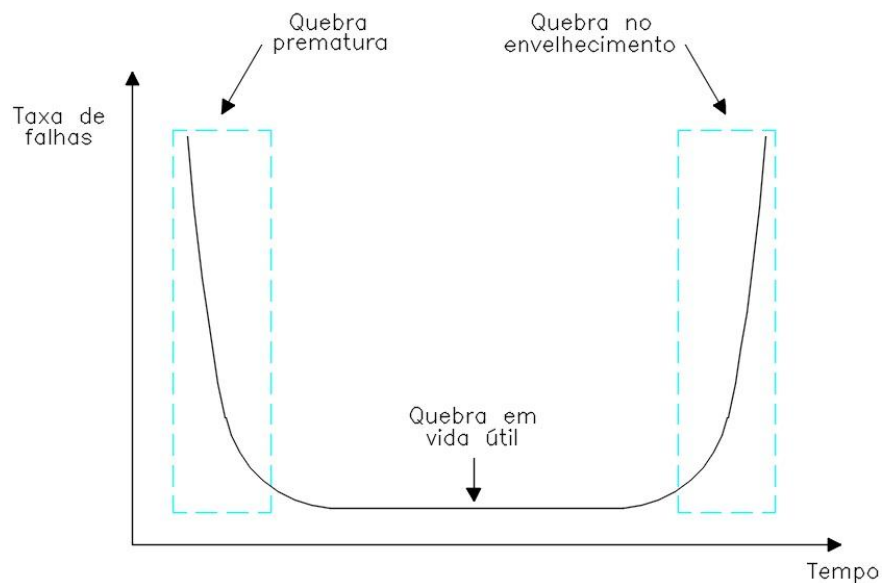
Já a curva da banheira é uma tradicional representação do comportamento de falha ao longo do ciclo de vida de vários itens como componentes mecânicos, eletrônicos,

materiais de vários tipos de formação e até mesmo seres humanos. Esta representação gráfica ocorre em virtude da vida útil se alterar ao longo do tempo.

Segundo a FIG. 2.6 é possível observar três comportamentos distintos:

- Quebra prematura ou mortalidade infantil, durante o período de partida do equipamento;
- Quebra durante a vida útil;
- Quebra durante o envelhecimento, que precede o descomissionamento do equipamento.

Figura 2.6 - Curva da banheira



Fonte: SOUZA, 2013.

A quebra prematura geralmente ocorre em elementos com baixo padrão de qualidade no projeto, instalação ou aplicação. Desta maneira, o item deixa de desempenhar seu papel de uma maneira precoce. Um ponto que pode diminuir a taxa de quebra prematura é a aplicação de uma análise FMEA, na etapa de projeto ou desenvolvimento de um produto. Com esta análise, muitos dos pontos falhos durante a implantação podem ser mitigados eliminando-se a causa raiz.

Porém, a quebra durante a vida útil pode ocorrer em qualquer momento e nesta etapa as características da curva da banheira se tornam parecidas com uma distribuição exponencial, a qual possui um caráter aleatório na ocorrência de falha.

Componentes eletrônicos geralmente são regidos por distribuições exponenciais, sendo considerado que as falhas ocorrem aleatoriamente.

Já a quebra no envelhecimento ocorre devido ao desgaste de longo tempo de utilização de um componente e se relaciona com equipamentos de características mecânicas como rolamentos e mancais. O ideal é que se alcance uma maior utilização do componente alongando-se ao máximo a etapa de fim da vida útil.

Assim, quando se realiza uma manutenção, a vida útil é alongada e a etapa de envelhecimento é deslocada no tempo, conforme estratégias de manutenção comentadas no item 2.2.2. Apenas para acrescentar, que quanto mais cedo descobre e corrige-se um erro, menor será seu custo nas etapas subsequentes de um projeto.

2.2.5 Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA - *Failure Model and Effect Analysis*)

Uma técnica consolidada que é utilizada para auxiliar o processo de planejamento de manutenção trata-se da Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA - *Failure Model and Effect Analysis*) através do procedimento sistemático na análise de um sistema visando identificar os modos de falha potenciais, suas causas e efeitos sobre o desempenho deste (performance do conjunto, de todo o sistema ou de um processo). Aqui, o termo sistema é adotado como uma representação de *hardware*, *software* (com as suas interações) ou um processo (CEI/IEC 60812, 2006), sendo que a sua definição, conceito, forma e construção, são ainda explanados pelas normas MIL-STD 1629A (1980) e ABNT NBR 5462 (1994).

A análise é realizada de preferência no início do ciclo de desenvolvimento, de maneira que a remoção ou a mitigação do modo de falha seja mais efetiva. Esta análise pode ser iniciada assim que o sistema for definido o suficiente para ser apresentado como um diagrama de bloco funcional, onde o desempenho dos seus elementos possa ser definido.

Por conseguinte, é importante que a tarefa da FMEA e seus resultados possam ser incorporados no plano de desenvolvimento e programação de atividades de manutenção para mitigar as causas raízes. Assim, a FMEA é um processo iterativo que coincide com o processo de projeto ou executivo.

A aplicação da FMEA é precedida por uma decomposição hierárquica do sistema (ou de um processo) em seus elementos mais básicos. A análise progride de forma *bottom-up* (de baixo para cima) até que o efeito final sobre o sistema seja identificado. A FIG. 2.7 ilustra essa relação.

Assim, a FMEA é uma técnica analítica utilizada como uma maneira de garantir que, até a extensão possível, os modos potenciais de falha e suas causas/mecanismos associados tenham sido considerados e localizados, conforme definidos a seguir:

a) Modo de falha

Segundo MOUBRAY (1997), uma vez que a falha funcional tenha sido identificada, deve-se apontar todos os eventos que são razoavelmente susceptíveis de causar cada estado de falha. Esses eventos são conhecidos como modos de falha.

O processo de antecipar, prevenir, detectar ou corrigir falhas é aplicado a cada modo de falha individualmente, ou seja, a manutenção é realmente gerenciada ao nível individual de cada modo de falha. Assim, no desenvolvimento de um sistema para gerenciar a manutenção de um equipamento, é preciso identificar quais são os modos de falha relacionados com as suas falhas funcionais.

b) Efeito da falha

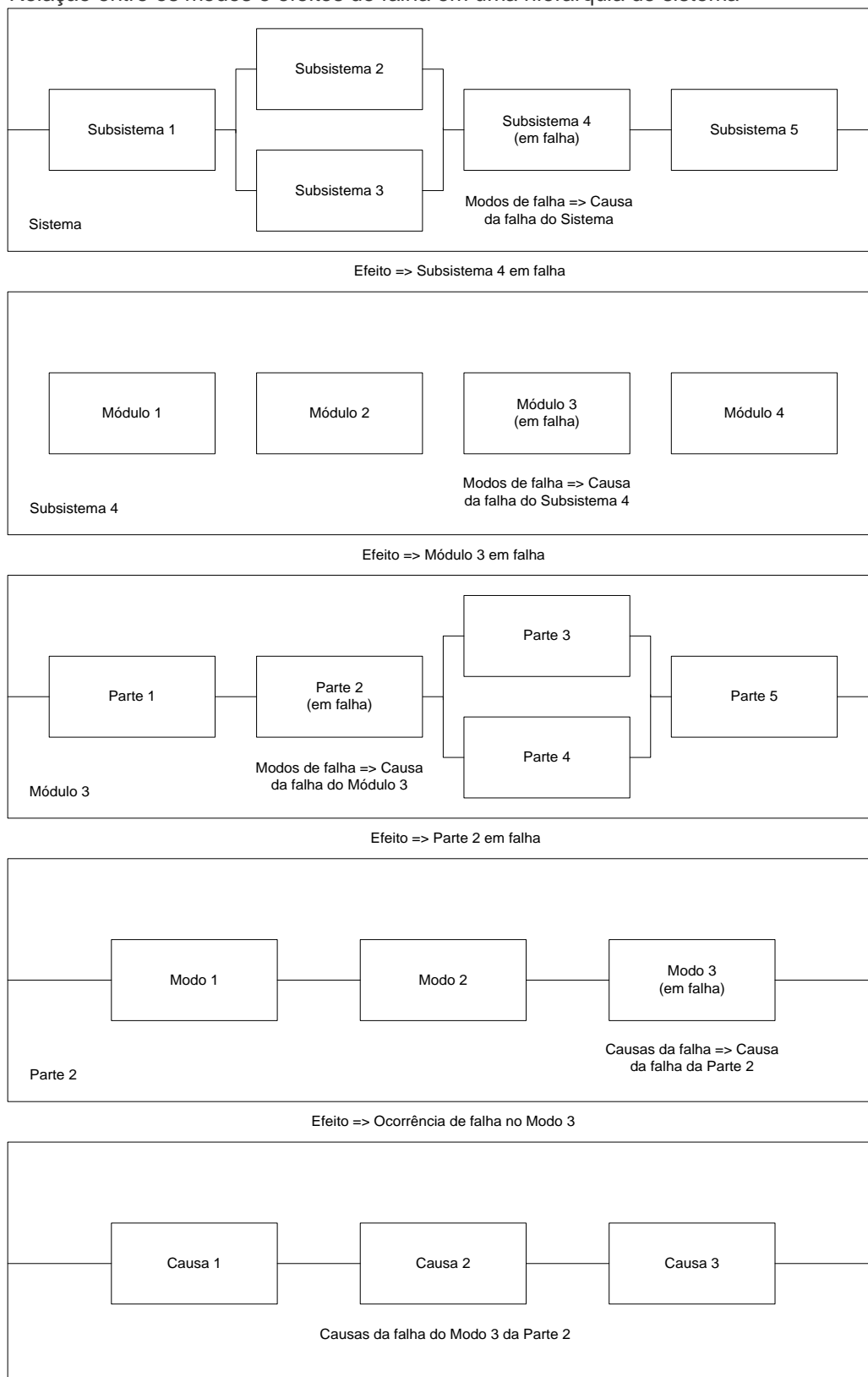
Efeito da falha é o que acontece quando ocorre a falha ou quais são os sintomas para o diagnóstico.

c) Consequência da falha

As falhas podem afetar a produção, a qualidade do serviço ou o produto, a segurança e o meio ambiente, podendo incorrer em aumento do custo operacional e

do consumo de energia. A natureza e a severidade dessas consequências orientam a maneira como a falha será enxergada pela organização.

Figura 2.7 - Relação entre os modos e efeitos de falha em uma hierarquia de sistema



Fonte: CEI/IEC 60812, 2006.

A combinação do contexto operacional, dos padrões de desempenho e dos efeitos, indica que cada falha tem um conjunto específico de consequências a ela associadas. Se tais consequências forem muito severas, grandes esforços deverão ser realizados para evitar ou reduzir a falha. Porém, falhas que provocam pequenas consequências não requerem que medidas proativas sejam tomadas. Nesses casos, é mais sensato corrigir a falha após a ocorrência.

A análise de falha por essa ótica sugere que as consequências da falha são mais importantes do que suas características técnicas. Dessa forma, qualquer tarefa só deve ser aplicada se tratar com sucesso as consequências da falha e os meios de evitá-las (MOUBRAY, 1997).

Na sua forma mais rigorosa, a FMEA é um sumário do conhecimento (incluindo uma análise de itens que poderiam falhar baseado na experiência e em assuntos passados) de como um produto ou processo é desenvolvido. Esta abordagem sistemática confronta e formaliza a disciplina em qualquer processo de planejamento. A TAB. 2.3 apresenta um formulário FMEA a título de exemplo.

Tabela 2.3 - Formulário FMEA

Sistema: _____		Participantes: _____		Página: _____ de _____			
		_____		Data de início: _____			
		_____		Data de revisão: _____			

Componente	Função	Modo de Falha Potencial	Efeitos Potenciais de Falha	Classe	Causas Potenciais/ Mecanismos de Falha	Ações Recomendadas	Responsabilidade e Data de Conclusão Limite

Fonte: SAKURADA, 2001.

A FMECA (*Failure Modes, Effects and Criticality Analysis* - Análise de Modos, Efeitos e Criticidade de Falha) é uma extensão para a FMEA visando incluir um meio de

classificar a gravidade dos modos de falha e permitir a priorização das medidas adotadas. Isto é feito através da combinação da medida de gravidade e frequência de ocorrência para produzir uma métrica chamada de criticidade (CEI/IEC 60812, 2006), desenvolvida inicialmente na MIL-STD 1629A (1980).

A FMECA analisa a falha potencial dentro de um sistema, identifica os riscos potenciais associados a essas falhas e classifica-os de acordo com sua gravidade. A FMECA também trata de problemas de confiabilidade e qualidade associados com o projeto, fabricação, processo, segurança e meio ambiente. A TAB. 2.4 demonstra, como exemplo, um modelo de formulário.

Tabela 2.4 - Formulário FMECA

Sistema: <u>Mecanismo Distribuidor de Mudanças</u> (1)			Participantes: <u>Wanilson M. Carrafa</u> <u>Eduardo Y. Sakurada</u> <u>Acides Dias</u> (2)							Página: 1 de 1 Data original: 05/09/00 Data de revisão: 09/11/00 (3)						
Componente	Função	Modo Potencial de Falha	Efeitos Potenciais de Falha	SEV	Causas Potenciais / Mecanismos de Falha	OCO	Controles Atuais	DET	NPR	Ações Recomendadas	Responsabilidade e Data de Conclusão Limite	Resultado das Ações				
												Ações Tomadas	SEV	OCO	DET	NPR
1 - Alojador de mudanças (4)	- Alojador a muda (5)	Quebrado (6)	Impede a condução da muda (7)	(8)	Material muito frágil, cargas dinâmicas (9)	(10)	Testes, revisões de projeto (11)	(12)	(13)	- Utilizar um alojador mais resistente; - Utilizar uma luva na abraçadeira; - Incluir uma placa de polímero na mesa.	(15)	Incluir uma placa de polímero na mesa (16)	(17)			
			Plantio da muda danificada (7)	(8)	Vibrações, cargas dinâmicas (9)	(10)	Testes, revisões de projeto (11)	(12)	(13)	- Utilizar outro tipo de fixação para dobradiça; - Incluir uma placa de polímero na mesa. (14)	(15)	Incluir uma placa de polímero na mesa (16)	(17)			
1 - Identificar o nome do sistema ou o título de identificação do FMEA; 2 - Nome das pessoas que estão participando da reunião; 3 - Registrar a página do formulário, a data do início do projeto de FMEA e a data de reunião atual; 4 - Nome do item (componente, subsistema); 5 - A função que o item deve desempenhar.							11 - Controles atuais são os métodos para identificar e controlar as falhas; 12 - Valor de 1 a 10 do índice de detecção da falha (modo de falha ou causa do modo de falha); 13 - Número de prioridade de risco. NPR = (severidade) x (ocorrência) x (detecção); 14 - Ações recomendadas pelo grupo para a eliminação da falha.									
6 - Possíveis modos de falha; 7 - Possíveis efeitos que podem ser causados no sistema; 8 - Valor de 1 a 10 do índice de severidade dos efeitos; 9 - As causas que podem ter desencadeado o modo de falha; 10 - Valor de 1 a 10 do índice de ocorrência da falha (modo de falha ou causa do modo de falha).							15 - Nome da pessoa responsável em implementar a ação e data limite para conclusão das ações; 16 - Ação que foi utilizada para a eliminação da falha; 17 - Reavaliação dos índices e cálculo do novo NPR.									

Fonte: SAKURADA, 2001.

Como se pode observar, o formulário FMECA é mais amplo que o FMEA já que possui os campos 8 (índice de severidade), 10 (índice de ocorrência), 11 (controles atuais), 12 (índice de detecção), 13 (número de prioridade de risco) e 17 (revisão dos índices).

Nota-se que muitas das informações requeridas no formulário FMECA são indisponíveis nas fases iniciais do processo de projeto, informacional e conceitual. Os formulários, contudo, apresentam uma série de requisitos que devem constar das matrizes de decisão utilizadas nos processos iniciais. Só será possível verificar a comprovação de que os índices requeridos e o grau atribuído estão presentes no produto final se houver um planejamento de um experimento voltado para este objetivo, ou então do acompanhamento do produto no uso. Observa-se que nestes casos, está se trabalhando na fase do projeto preliminar ou detalhado. Têm-se aí os conceitos bem definidos, e estão sendo analisados alguns aspectos nesta ótica, representados pelos seus modelos físicos na forma de desenhos preliminares, modelos detalhados ou protótipos.

Na FMECA, quando não se têm os índices de ocorrência da falha, deve-se recorrer a produtos similares no mercado para se obter uma estimativa ou realizar testes com protótipos. A avaliação do índice de detecção vai depender dos sistemas de controle existentes, no projeto e no processo de fabricação de cada empresa.

A TAB. 2.5 determina os valores desses índices que definem o número de prioridade de risco (NPR).

2.3 CONCEITOS DE CONFIABILIDADE

A seguir são apresentados os conceitos matemáticos e lógicos que cerceiam a formulação de confiabilidade, que conforme norma BS 4778-2 (1991), a define como a capacidade do item cumprir sua função requerida, sob condições de operações estabelecidas, porém num período de tempo determinado.

Tabela 2.5 - Valores dos índices que compõem o NPR

Componente do NPR	Classificação	Peso
OCORRÊNCIA (OCO)	Improvável	1
	Muito pequena	2 a 3
	Pequena	4 a 6
	Média	7 a 8
	Alta	9 a 10
SEVERIDADE (SEV)	Apenas perceptível	1
	Pouca importância	2 a 3
	Moderadamente grave	4 a 6
	Grave	7 a 8
	Extremamente grave	9 a 10
DETECÇÃO (DET)	Alta	1
	Moderadamente grave	2 a 5
	Pequena	6 a 8
	Muito pequena	9
	Improvável	10
ÍNDICE DE RISCO (NPR)	Baixo	1 a 50
	Médio	50 a 100
	Alto	100 a 200
	Muito alto	200 a 1000

Fonte: NASCIMENTO, 2017.

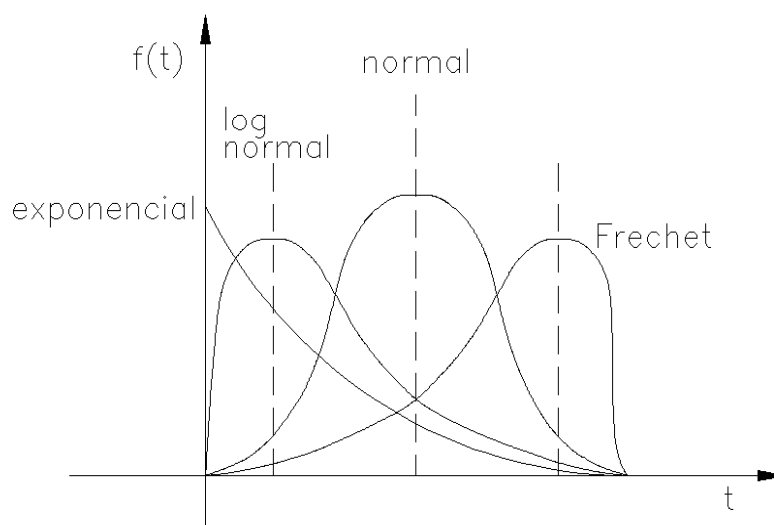
2.3.1 Noções da Probabilidade de Falha

A probabilidade de falha está relacionada com a degradação do funcionamento de um item. Uma distribuição de probabilidade é um modelo matemático que relaciona certo valor da variável em estudo com a sua probabilidade de ocorrência, ou seja, de acordo com o histórico de falhas ao longo do tempo, pode apresentar-se tal como um comportamento estatístico.

Quando se traz a análise de falhas para o campo da confiabilidade de sistemas, encontramos variáveis com comportamentos dinâmicos que se aproximam de diversas distribuições estatísticas, entre elas, normal, log-normal, Frechet, exponencial, Weibull, etc. Isto permite através de métodos matemáticos aplicados a simulações computacionais, determinar ou calcular uma aproximação da curva da probabilidade de falha ao longo do tempo, no equipamento, subsistema ou sistema

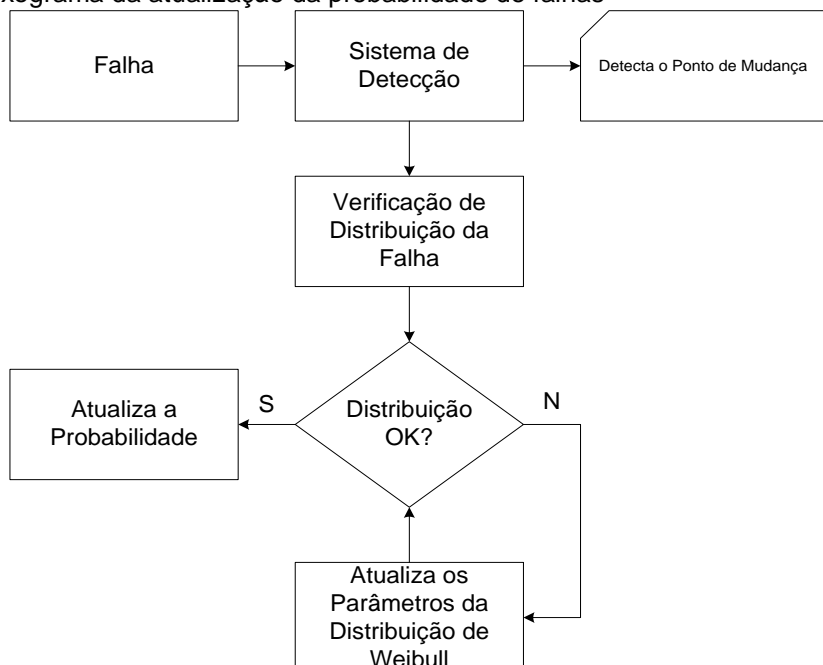
da planta, conforme suas características de degradação (ver a FIG. 2.8 para esclarecimentos).

Figura 2.8 - Curvas de distribuições estatísticas em função do tempo



A FIG. 2.9 demonstra um exemplo esquemático da utilização de probabilidade de falha como insumo na ferramenta de tomada de decisão na Manutenção Baseada em Condição através da manutenção preditiva, que detecta os pontos de mudança (parâmetros dentro do regime de alarme).

Figura 2.9 - Fluxograma da atualização da probabilidade de falhas



Fonte: SOUZA, 2013.

2.3.1.1 Criticidade e Probabilidade de Ocorrência da Falha

As probabilidades de ocorrência de falha em função do risco ou grau de criticidade podem ser ranqueadas. Diante desta análise, o valor apontado no campo criticidade deve ser um indicativo de qual a importância da preservação da função para o sistema. Como modelo, encontram-se na TAB. 2.6 as descrições para 10 possíveis categorias de criticidades ou severidades, embora seja possível a expansão ou a contração deste número como forma de adaptação do processo às realidades do sistema para o qual se está aplicando a análise.

Tabela 2.6 - Categorias de criticidade ou de severidade

Ranqueamento	Efeito	Comentário
1	Nenhum	Nenhum motivo para esperar que a falha tenha qualquer efeito sobre segurança, saúde, meio ambiente ou sobre o processo.
2	Muito baixo	Pequena perturbação na execução da função. A restauração da função pode ser feita rapidamente. O sistema permanece em funcionamento.
3	Baixo	Pequena perturbação na execução da função. O tempo de restauração da função pode ser longo. Não são gerados atrasos/perdas ao processo.
4	Baixo a moderado	Moderada perturbação na execução da função. O tempo de restauração da função pode ser longo. Existe a possibilidade de serem gerados alguns atrasos/perdas ao processo.
5	Moderado	Moderada perturbação na execução da função. O tempo de restauração da função pode ser longo. As possibilidades de serem gerados atrasos/perdas ao processo são altas.
6	Moderado a alto	Moderada perturbação na execução da função. O tempo de restauração da função torna-se significativo. São gerados atrasos/perdas ao processo.
7	Alto	Alta perturbação na execução da função. O tempo de restauração da função torna-se extenso. São gerados atrasos/perdas ao processo.
8	Muito alto	Alta perturbação na execução da função. O tempo de restauração da função torna-se extenso. O sistema não consegue executar sua função.
9	Risco	Riscos potenciais a segurança, a saúde ou ao meio ambiente. A falha ocorre normalmente após o surgimento de alertas.
10	Risco	Riscos potenciais a segurança, a saúde ou ao meio ambiente. A falha ocorre sem que haja o surgimento de alertas.

Fonte: PINTO, 2004.

Do mesmo modo, os valores da probabilidade de ocorrência de falha normalmente estão associados a alguma forma de classificação, o que serve para que a análise seja padronizada e limitada, sob a ótica de não permitir suposições sobre o tema. Na

avaliação qualitativa da probabilidade de falha, que é baseada em avaliações técnicas feitas por especialistas, a probabilidade de falha é descrita utilizando-se termos como muito improvável (desprezível), improvável (baixo), possível (médio), provável (alto) ou muito provável (elevado), onde valores subjetivos são atribuídos a diferentes fatores que serão considerados para influenciar a probabilidade de falha, conforme apresentado na TAB. 2.7.

Tabela 2.7 - Categorias de probabilidade de ocorrência de falhas

Ranqueamento	Frequência	Comentário
1	1/10.000	Probabilidade remota de ocorrência da falha.
2	1/5.000	Baixa taxa de ocorrência da falha. Falha praticamente inexistente.
3	1/2.000	Baixa taxa de ocorrência da falha.
4	1/1.000	Taxa de ocorrência de falha baixa à moderada.
5	1/500	Taxa de ocorrência de falha moderada.
6	1/200	Taxa de ocorrência de falha moderada a alta.
7	1/100	Alta taxa de ocorrência de falha.
8	1/50	Alta taxa de ocorrência de falha.
9	1/20	Altíssima taxa de ocorrência de falha.
10	1/10+	Altíssima taxa de ocorrência de falha.

Fonte: PINTO, 2004.

2.3.1.2 Definição de Probabilidade

É um número adimensional empregado para descrever a chance de ocorrência de um evento durante um intervalo especificado, ou a probabilidade condicional de que um evento ocorrerá, dado que algum evento precursor ocorreu.

A probabilidade de um evento de falha X , $P(X)$, é definido formalmente em LEWIS (1987), como:

$$P(X) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{N_f}{N} \dots\dots\dots(2.1)$$

onde N_f é o número de falhas e N é o número de eventos.

2.3.1.3 Axiomas da Probabilidade

A probabilidade deve satisfazer a condicionante de

$$0 \leq P(X) \leq 1$$

onde a probabilidade em não ocorrer falhas, deve ser definido pela equação

$$P(\tilde{X}) = 1 - P(X) \dots\dots\dots(2.2)$$

2.3.2 Taxa de Falha

A avaliação quantitativa da probabilidade de falha é obtida por estimativas estatísticas das taxas de falhas de equipamentos baseados em dados coletados das falhas (KHAN et alii, 2006). A base de cálculo da taxa de falhas é realizada conforme as Equações (2.3) e (2.4) a seguir (LAFRAIA, 2001):

$$\lambda = N_f / t_i \dots\dots\dots(2.3)$$

ou

$$\lambda = N_f / n \cdot t_i \dots\dots\dots(2.4)$$

onde,

$\lambda \Rightarrow$ taxa de falhas

$N_f \Rightarrow$ número de falhas

$n \Rightarrow$ número de equipamentos

$t_i \Rightarrow$ número de horas de operação da unidade

Sendo que as fontes de dados normalmente são obtidas através da análise de dados reais e de testes de campo ou experimental.

2.3.3 MTBF (*Mean Time Between Failures* - Tempo Médio entre Falhas)

O conceito de MTBF (*Mean Time Between Failures* - Tempo Médio entre Falhas) representa o tempo médio de determinados intervalos de tempo, t_i , para um número de eventos de falhas, N_f , que ocorreram em um determinado grupo de equipamentos, N , que é calculado através da Equação (2.5) conforme QINGFENG et alii (2011).

$$MTBF = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N_f} t_i \dots\dots\dots(2.5)$$

2.3.4 MTTR (*Mean Time to Repair* - Tempo Médio para Reparar)

O conceito de MTTR (*Mean Time to Repair* - Tempo Médio para Reparar) é uma medida básica da capacidade de manutenção de itens reparáveis, pois representa o

tempo médio dos períodos necessários, t_{0i} , para reparar um componente ou dispositivo que falhou, cujo é obtido da literatura derradeira como segue.

$$MTTR = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N_f} t_{0i} \dots\dots\dots(2.6)$$

2.3.5 Confiabilidade

A confiabilidade em termos matemáticos, é a medida probabilística ou a probabilidade do equipamento funcionar sem falhas durante um período de tempo especificado, sob determinadas condições (KUMAR et alii, 1992).

2.3.5.1 A Função Confiabilidade

A função confiabilidade designada por $R(t)$ - *Reliability*, define a probabilidade de um sistema, equipamento ou componente para sobreviver sem falha no decorrer de um intervalo de tempo $t \geq 0$, ou seja:

$$R(t) = P(T > t) \dots\dots\dots(2.7)$$

onde lê-se que $R(t)$ é a probabilidade de que a falha aconteça para um tempo $T > t$.

A função confiabilidade será sempre decrescente com o tempo, pois as probabilidades de sobrevivência de um componente sempre diminuem de acordo com a taxa de utilização e em razão dos mecanismos de desgaste e de fadiga.

As expressões matemáticas que definem a função confiabilidade dependem diretamente do tipo de distribuição estatística a que os tempos para falha estejam associados. Assim, podem existir funções de confiabilidade que se enquadram como distribuições exponenciais, normais, log-normais, Weibull, Frechet, etc., das quais as distribuições mais utilizadas na área de confiabilidade, exponencial e a Weibull, adotada no modelo deste trabalho, serão detalhadas a seguir.

2.3.5.2 Funções de Confiabilidade para Distribuição Exponencial

As falhas devido a eventos completamente aleatórios ou ao acaso seguirão a distribuição exponencial. Esta modela a confiabilidade durante a vida útil de um sistema ou componente.

A função densidade de probabilidade é dada como

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \dots\dots\dots(2.8)$$

onde o λ é a taxa de falha.

A probabilidade acumulada de falha é dada por

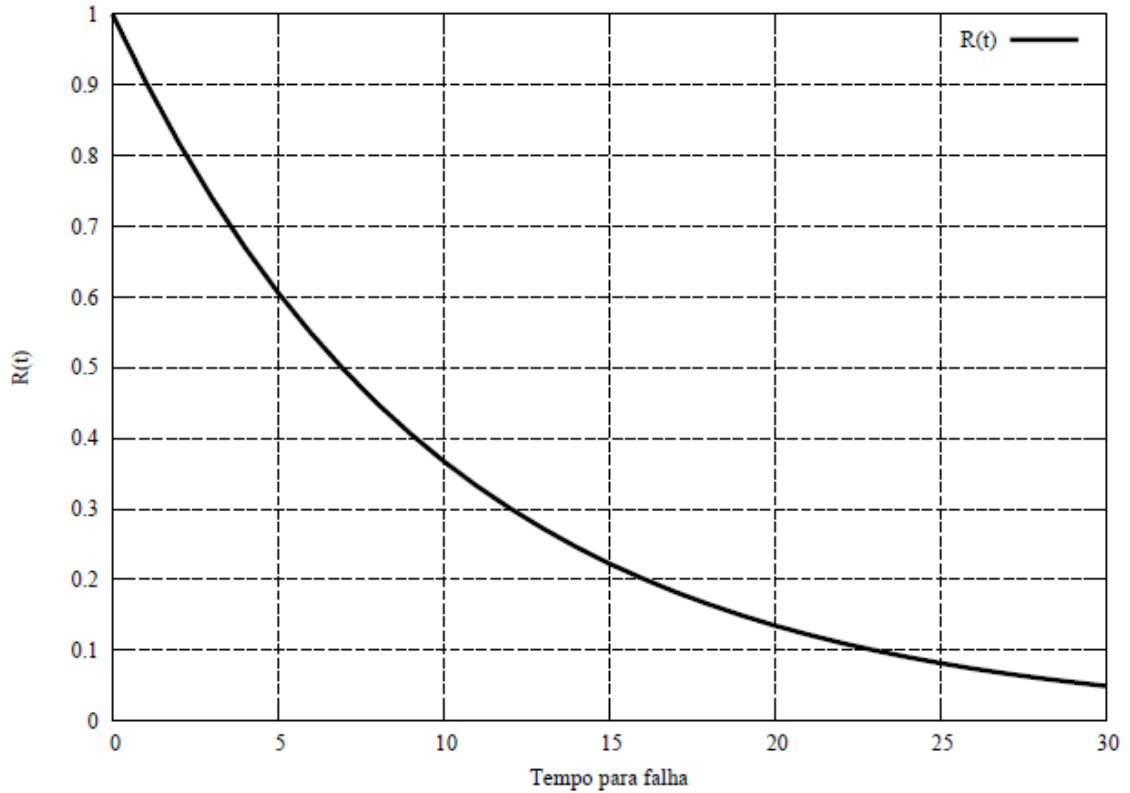
$$F(t) = \int_0^t f(t)dt = 1 - e^{-\lambda t} = 1 - R(t) \dots\dots\dots(2.9)$$

Assim, a função de confiabilidade fica como

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t)dt = e^{-\lambda t} \dots\dots\dots(2.10)$$

Finalmente, a FIG. 2.10 apresenta uma modelagem matemática da $R(t)$ do tipo exponencial.

Figura 2.10 - Exemplo da função confiabilidade $R(t)$ para tempos para falha distribuídos exponencialmente



Fonte: PINTO, 2004.

Outra relação importante que pode ser obtida na distribuição de tempos para falhas exponenciais é que,

$$MTTF = \left(\frac{1}{\lambda}\right) \dots\dots\dots(2.11)$$

onde o MTTF (*Mean Time to Failure*) é o tempo médio até a falha.

Assim sendo, por definição,

$$MTBF = MTTF + MTTR \dots\dots\dots(2.12)$$

2.3.5.3 Função Confiabilidade para Distribuição de Weibull

Os eventos de falha não constantes para taxas de risco em função do tempo são mais bem representados pela distribuição de Weibull (KRISHNASAMY et alii, 2005).

No presente trabalho, considerando as características e universo dos dados de falha, cujo tratamento indica que sua distribuição tem comportamento assimétrico para distintos componentes do sistema investigado, adotou-se a distribuição de Weibull, própria para tratamento de falhas mais genérico, devido à versatilidade para representar eventos de diferentes falhas, cuja taxa de falhas em função do tempo é expressa por:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \dots\dots\dots(2.13)$$

onde η é a vida característica (parâmetro de escala) e o β é o parâmetro de forma do modelo de falha.

A probabilidade acumulada de falha é dada como

$$F(t) = \int_{-\infty}^t f(t) dt = 1 - e^{-(t/\eta)^\beta} \dots\dots\dots(2.14)$$

Entretanto, a confiabilidade é expressa por

$$R(t) = e^{-(t/\eta)^\beta} \dots\dots\dots(2.15)$$

Um caso particular do modelo Weibull ocorre quando $\beta = 1$, assim transforma-se num modelo exponencial.

$$R(t) = e^{-(t/\eta)^\beta} = e^{-\lambda t} \dots\dots\dots(2.16)$$

sendo $\lambda = 1/\eta$.

A função Weibull consegue representar trechos similares aos apresentados para a curva da banheira e no seu caso mais geral possui três parâmetros. Esta função é representada como a seguir na sequência.

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}, \text{ para } t > \gamma \dots\dots\dots(2.17)$$

$$f(t) = 0, \text{ para } t \leq \gamma \dots\dots\dots(2.18)$$

Os três parâmetros da distribuição de Weibull são: o parâmetro de forma β , o parâmetro de escala da distribuição η e o parâmetro de posição ou de localização γ .

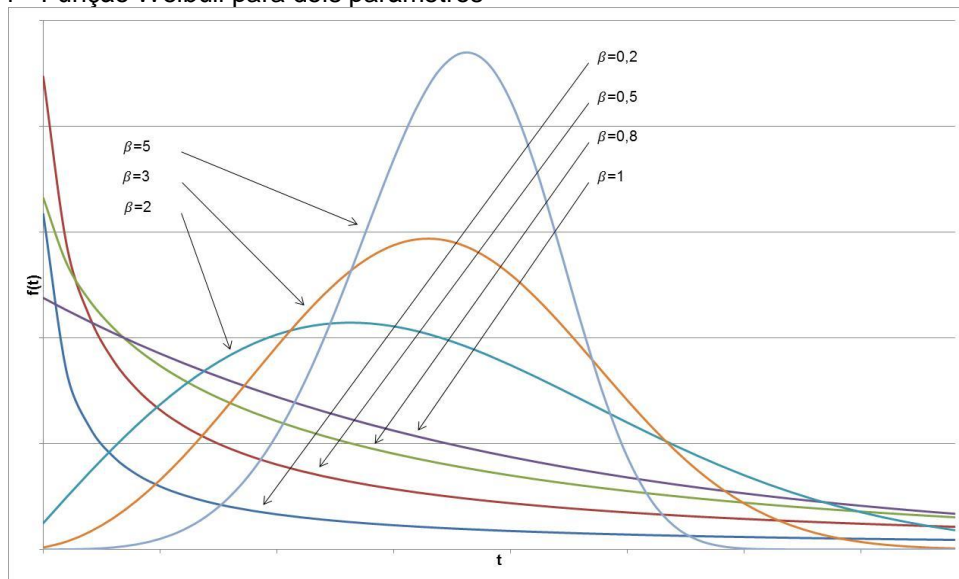
Os parâmetros β e η são maiores que 0. Já o parâmetro γ , que é relacionado com a vida inicial ou mínima do item, grande parte das vezes, é desprezado em análises relacionadas à manutenção.

O fator de forma β é quem influencia tanto a taxa de falhas como as modalidades de tempo t transcorrido até a falha, enquanto que o η é a vida característica (KARDEC & NASCIF, 1999).

A FIG. 2.11 apresenta o comportamento da função Weibull quando se mantém o valor de η constante e varia-se o valor de β . Observando o gráfico, verifica-se os vários comportamentos em que a distribuição pode assumir. Correlacionando os valores de β com a curva da banheira, pode-se chegar à sumarização abaixo:

- $0 < \beta < 1 \Rightarrow$ Período de Mortalidade Infantil;
- $\beta = 1 \Rightarrow$ Período de Vida Útil;
- $\beta > 1 \Rightarrow$ Período de Desgaste.

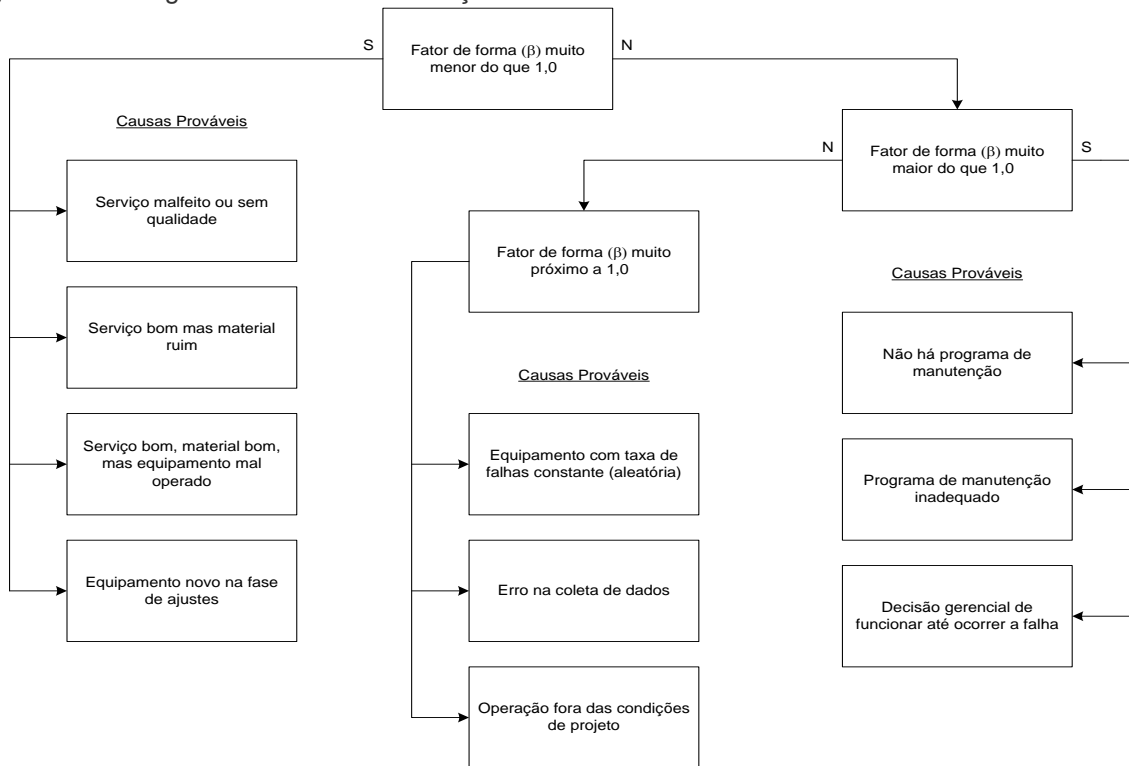
Figura 2.11 - Função Weibull para dois parâmetros



Desta maneira, a partir dos parâmetros anteriormente citados, consegue-se determinar a probabilidade de um item falhar dado um intervalo de tempo de funcionamento. Assim, é possível assumir ou não, riscos de uma falha neste intervalo.

Já a FIG. 2.12 demonstra o diagrama de decisão de manutenção de acordo com o fator de forma da função Weibull.

Figura 2.12 - Diagrama de decisão na função Weibull



Fonte: KARDEC & NASCIF, 1999.

2.3.6 Manutenibilidade ou Manutenibilidade

É a capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, com requisitos de uso especificados, quando a manutenção é executada sob determinadas premissas e mediante procedimentos e meios prescritos. Em termos numéricos, a manutenibilidade é expressa pela Equação (2.19), segundo QINGFENG et alii (2011).

$$M(t) = 1 - \exp\left(\frac{-t_{0i}}{MTTR}\right) \dots\dots\dots(2.19)$$

Fica evidente que quanto maior a facilidade de manutenção, menor é o MTTR, o que indica queda no tempo de reparo. Os principais parâmetros relacionados ao tempo de reparo é o projeto do equipamento, o treinamento e a habilidade do pessoal

encarregado pela manutenção, o tempo de logística (ou seja, o tempo para a reposição de sobressalentes) e o tempo administrativo (em função da operação da estrutura da organização), enquanto que o procedimento de manutenção padrão e a garantia da qualidade de manutenção exigida estão relacionados com o tempo de inatividade.

2.3.7 Disponibilidade

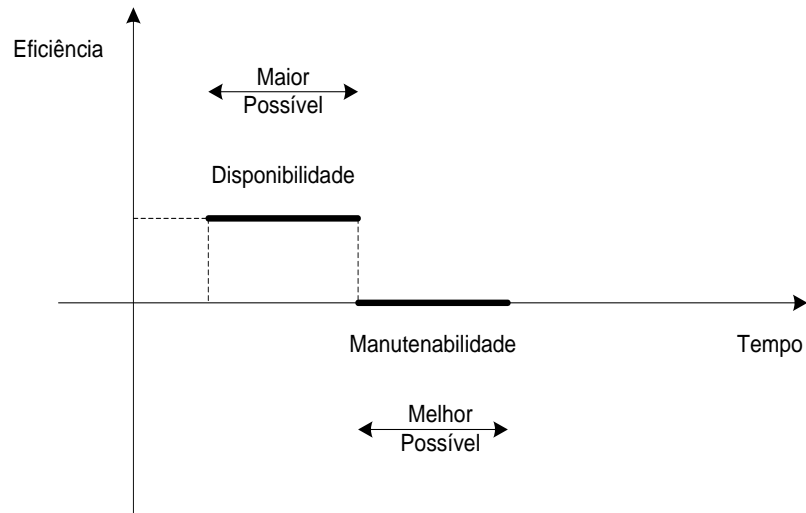
A disponibilidade é definida como a capacidade de funcionamento dos equipamentos durante um período determinado ou até mesmo além deste. Isto nos dá uma indicação do tempo de trabalho disponível durante a operação (KUMAR et alii, 1992), e pode ser expresso como na Equação (2.20).

$$\text{Disponibilidade} = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR}) \dots\dots\dots(2.20)$$

O incremento do tempo livre de falhas e o decréscimo do tempo de inatividade ou parada tende a melhorar a disponibilidade, o qual pode ser convertido em confiabilidade e manutenibilidade que são exigências em termos de frequência de falha aceitável e horas de paralisação.

Em suma, conforme o esquema a seguir, na prática operacional dos equipamentos mecânicos em geral, a disponibilidade deve ser a maior possível em detrimento ao MTTR nas oficinas de manutenção ou no campo, que deve ser a menor possível.

Figura 2.13 - Esquemático de operação do equipamento mecânico



2.3.8 Confiabilidade de Sistemas

Para analisar a confiabilidade de sistemas, utiliza-se a idéia de diagrama de blocos, em que o componente é representado por uma caixa (bloco) e a conexão entre os componentes é realizada através de linhas. O diagrama de blocos encara o sistema do ponto de vista do seu sucesso (FRUTUOSO, 2016).

2.3.8.1 Sistema em Série

O sistema em série é mais simples, onde o funcionamento de um item é dependente do item adjacente, conforme ilustrado pelo diagrama de blocos da FIG. 2.14.

Figura 2.14 - Representação esquemática do sistema em série



Fonte: FRUTUOSO, 2016.

Denotando por $R_{SS}(t)$ a confiabilidade do arranjo dos dois componentes em série e por $R_i(t)$ a confiabilidade do i-ésimo componente, teremos:

$$R_{SS}(t) = P(\text{componente 1 funciona} \cap \text{componente 2 funciona})$$

$$R_{SS}(t) = R_1(t).R_2(t) \dots\dots\dots(2.21)$$

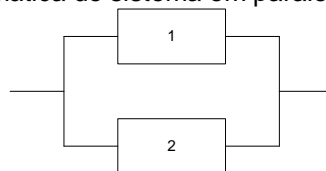
Genericamente, para N componentes ligados em série, as expressões tornam-se:

$$R_{SS}(t) = R_1(t).R_2(t).R_3(t) \dots\dots R_N(t) = \prod_{i=1}^N R_i(t) \dots\dots\dots(2.22)$$

2.3.8.2 Sistema em Paralelo

A FIG. 2.15 apresenta o diagrama de blocos para o arranjo de dois componentes genéricos em paralelo dito ativo, onde o funcionamento de um item é independente do item adjacente, pois os dois componentes estão operacionais.

Figura 2.15 - Representação esquemática do sistema em paralelo



Fonte: FRUTUOSO, 2016.

A confiabilidade do arranjo em paralelo, denotada de $R_{SP}(t)$, será dada por:

$$R_{SP}(t) = P(\text{componente 1 funciona} \cup \text{componente 2 funciona})$$

$$R_{SP}(t) = R_1(t) + R_2(t) - R_1(t).R_2(t) \dots\dots\dots(2.23)$$

Generalizando, para N componentes ligados em paralelo, teremos então, simplificadaamente:

$$R_{Sp}(t) = 1 - [1 - R_1(t)] \cdot [1 - R_2(t)] \cdot [1 - R_3(t)] \cdot \dots \cdot [1 - R_N(t)] = 1 - \prod_{i=1}^N [1 - R_i(t)] = \prod_{i=1}^N R_i(t) \dots \dots \dots (2.24)$$

2.3.9 Análise de Árvore de Falhas (FTA - *Failure Tree Analysis*)

A análise da árvore de falhas (FTA - *Failure Tree Analysis*) é uma ferramenta que permite a identificação e a análise das condições e fatores cujo causam ou podem potencialmente causar ou contribuir para a ocorrência de um evento definido na parte superior. Com a FTA, este evento geralmente provoca a degradação da performance do sistema, da segurança ou de outros atributos operacionais importantes (CEI/IEC 61025, 2006).

Assim, a análise da árvore de falhas também pode ser usada na busca da confiabilidade, da disponibilidade e da manutenibilidade. A FTA possui duas abordagens, a saber:

- A qualitativa ou tradicional onde a análise detalhada de eventos/falhas é empregada, ou seja, nos muitos casos em que as causas potenciais ou falhas são procuradas, sem interesse em sua probabilidade de ocorrência;
- A segunda abordagem, adotada por muitas indústrias, é em grande parte quantitativa, onde são detalhados os modelos de FTA para um produto, processo ou sistema, e a grande maioria dos acontecimentos baseados em falhas ou eventos, tem uma probabilidade de ocorrência determinada através de análise ou teste.

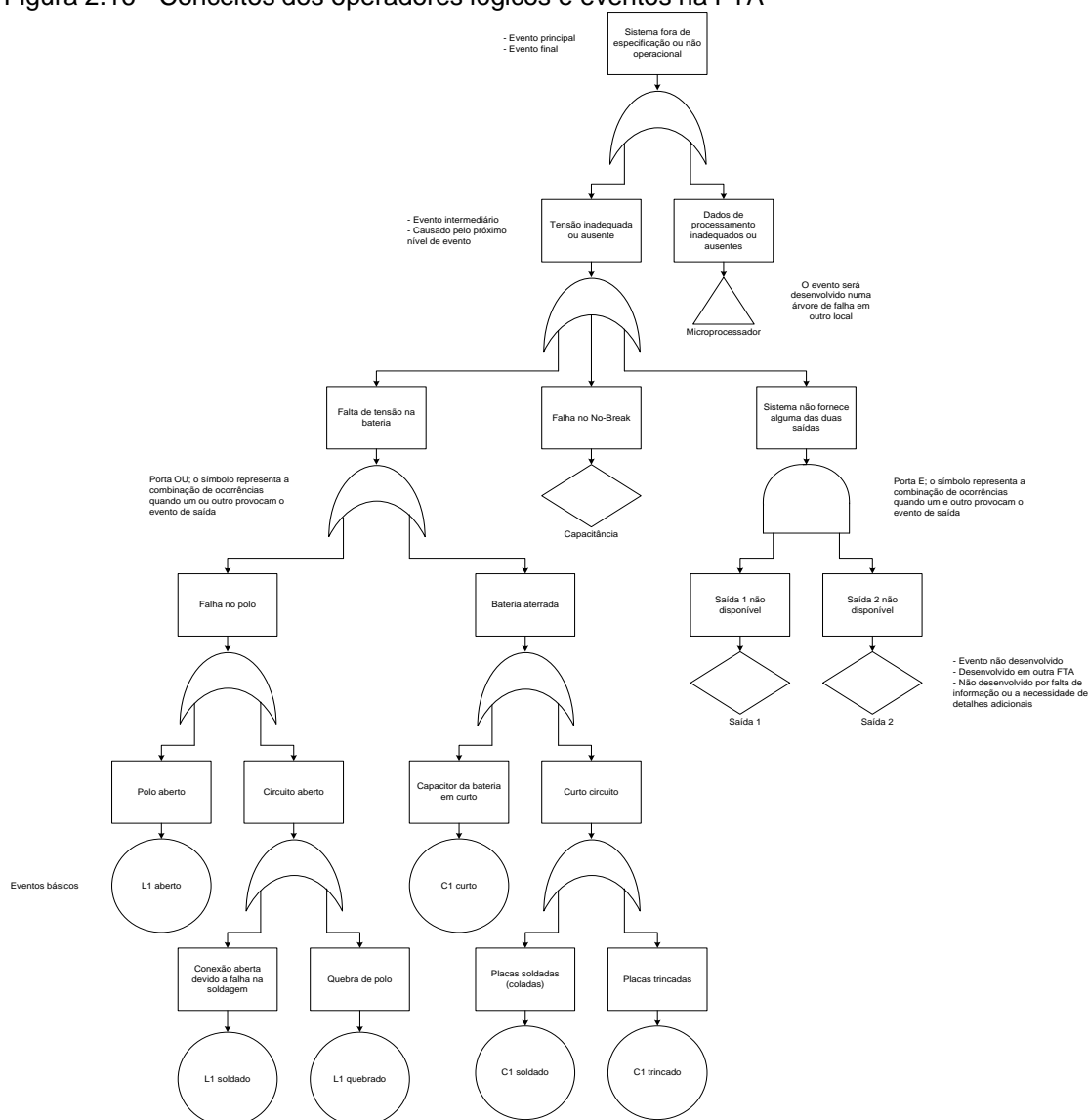
Neste caso, o resultado final será a probabilidade de ocorrência de um evento de topo (ou principal) representando a confiabilidade ou a probabilidade de falha, como a que foi adotada neste trabalho.

A representação gráfica de uma árvore de falhas requer que símbolos, identificadores e rótulos sejam utilizados de uma forma consistente. Os símbolos que descrevem os eventos das árvores de falha variam de acordo com as preferências do usuário, quando aplicado.

A FIG. 2.16 ilustra algumas notações e descrição de eventos para demonstrar a aplicação prática de uma árvore de falhas, considerando-se a representação gráfica dos termos pertinentes.

Cabe acrescentar que o evento principal ou final, os eventos intermediários e os eventos básicos definem os níveis hierárquicos da FTA.

Figura 2.16 - Conceitos dos operadores lógicos e eventos na FTA



Fonte: CEI/IEC 61025, 2006.

2.4 TRATAMENTO DE DADOS DE FALHAS

Para a elaboração das distribuições estatísticas de falhas, os dados de falhas que são eventos discretos ao longo do tempo, devem sofrer um tratamento estatístico para serem transformados em funções contínuas conforme métodos específicos, cujos fundamentos matemáticos são apresentados nesta oportunidade.

2.4.1 Métodos de Regressão

Segundo KAZMIER (1982), o objetivo principal da análise de regressão é predizer o valor de uma variável (a variável dependente), dado que seja conhecido o valor de uma variável associada (a variável independente). Os métodos de regressão são utilizados para tratamento de dados discretos do histórico de falha, processo ou condição afim de permitir a elaboração de correlações ou funções contínuas entre as variáveis dependentes.

No estudo em questão, haja vista que foi adotada a distribuição Weibull no tratamento de dados de falhas, para a obtenção dos seus parâmetros pode-se utilizar os métodos de verossimilhança ou de regressão linear discutidos como segue (JUNIOR, 2010).

2.4.1.1 Máxima Verossimilhança (MLE - *Maximum Likelihood Estimation*)

De acordo com MONTGOMERY & RUNGER (2003), o método da máxima verossimilhança é um dos melhores recursos para se obter estimadores de um parâmetro; neste caso, o estimador será o valor do parâmetro que maximize a função verossimilhança.

Considerando x uma variável aleatória com distribuição de probabilidades $f(x,\theta)$ em que θ é um único parâmetro desconhecido. Faça x_1, x_2, \dots, x_n serem os valores observados na amostra aleatória de tamanho n . Então, a função verossimilhança da amostra será:

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^n f(x_i, \theta) \dots\dots\dots (2.25)$$

A função de verossimilhança $L(\theta)$ tem um produtório onde mostra que a contribuição de cada observação não censurada para a função $L(\theta)$ é a sua função de densidade.

Conforme se altera o vetor de parâmetros θ , mantendo-se constantes os dados de entrada x_i , obtêm-se diferentes valores para a função de verossimilhança. E, quando este valor for máximo, tem-se o vetor de parâmetros θ , que maximiza a probabilidade de que estes dados tenham uma distribuição de valores que segue o modelo estatístico adotado.

Portanto, para se descobrir quais são os parâmetros cujo fazem com que uma distribuição tenha a melhor aderência a um conjunto de dados, deve-se obter o vetor de parâmetros θ que maximiza a função de verossimilhança.

Detalhes sobre o impacto das amostras censuradas no método da máxima verossimilhança podem ser encontrados em COHEN (1965) e FRANCO & MANTOVANI (2004).

Seja na distribuição de Weibull, a função de densidade de probabilidade (fdp) para os seus três parâmetros conforme apresentado na Equação (2.17) e assumindo que existem N eventos de falhas e que os tempos das falhas t_i são conhecidos, aplicando-se o \ln na fdp temos:

$$\Lambda = N \ln(\beta) - N\beta \ln(\eta) + (\beta - 1) \sum_{i=1}^N \ln(t_i - \gamma) - \sum_{i=1}^N \left(\frac{t_i - \gamma}{\eta} \right)^\beta$$

Tendo em conta o parâmetro $\gamma = 0$, tornamos a distribuição Weibull para dois parâmetros regulares, então:

$$\Lambda = N \ln(\beta) - N\beta \ln(\eta) + (\beta - 1) \sum_{i=1}^N \ln(t_i) - \sum_{i=1}^N \left(\frac{t_i}{\eta} \right)^\beta \dots\dots\dots (2.26)$$

Tomando a derivada com respeito a η alcançamos a seguinte expressão:

$$\frac{\partial \Lambda}{\partial \eta} = \frac{\beta N}{\eta^{\beta+1}} \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i^\beta - \eta^\beta \right)$$

Igualando-se o resultado da derivada a 0, obteremos o valor do parâmetro η na solução MLE. Assim,

$$\eta = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i^\beta \right)^{1/\beta} \dots\dots\dots (2.27)$$

Retornando à Equação (2.26) e derivando-se agora com respeito a β temos:

$$\frac{\partial \Lambda}{\partial \beta} = N \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln(t_i) + \frac{1}{\beta} - \frac{\sum_{i=1}^N (t_i^\beta \ln t_i)}{\sum_{i=1}^N t_i^\beta} \right) \dots\dots\dots (2.28)$$

Para conseguir os resultados de β na expressão acima, basta aplicar simulação numérica até se obter os valores do parâmetro para que a derivada seja nula.

2.4.1.2 Regressão Linear em Y (Método RRY)

Uma forma de linearizar a função de distribuição acumulada da Weibull, $F(t)$, é apresentada por RINNE (2008) e CROWE & FEINBERG (2001):

$$\ln\{-\ln[1-F(t)]\} = \beta \ln(t-t_0) - \beta \ln(\eta) \dots\dots\dots(2.29)$$

Neste aspecto, considerando a Equação (2.29) como uma função linear do tipo $Y=aX+b$, obtêm-se as seguintes relações.

$$Y = \ln\{-\ln[1-F(t)]\} \dots\dots\dots(2.30)$$

$$X = \ln(t-t_0) \dots\dots\dots(2.31)$$

$$a = \beta \dots\dots\dots(2.32)$$

$$b = -\beta \ln(\eta) \dots\dots\dots(2.33)$$

Como visto na Equação (2.32), a corresponderá ao coeficiente angular da reta e b , apresentado na equação seguinte, ao coeficiente linear da reta.

Segundo apresentado por RINNE (2008), para estimação dos parâmetros η e β pelo método RRY, deve-se aplicar o método dos mínimos quadrados (regressão linear simples) demonstrado por MONTGOMERY & RUNGER (2003) para o ajuste da reta

de regressão que passe pela média de X e Y (\bar{X} e \bar{Y}) e garanta os menores desvios de cada ponto em relação à reta.

$$\hat{\beta} = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \cdot \sum_{i=1}^n Y_i}{n \cdot \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2} \dots\dots\dots (2.34)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} - \hat{\beta} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots (2.35)$$

$$-\hat{\beta} \cdot \ln \hat{\eta} = b \dots\dots\dots (2.36)$$

Assim, o cálculo do coeficiente de correlação linear, ρ_{XY} , onde σ_{XY} representa a covariância de X e Y e, σ_X e σ_Y referem-se ao desvio padrão de X e Y , respectivamente, fica sendo:

$$\rho_{XY} = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} \dots\dots\dots (2.37)$$

$$\rho_{XY} = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \cdot \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{\left[n \cdot \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2 \right] \cdot \left[n \cdot \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)^2 \right]}} \dots\dots\dots (2.38)$$

Para a determinação do parâmetro t_0 , GONDIM & DUARTE (2005), sugerem a aplicação de um destes três métodos a seguir:

a) Experimentação de t_0 arbitrários e escolha do t_0 associado ao maior coeficiente de correlação;

b) Gráfico da frequência acumulada com aplicação da Equação (2.39);

$$t_0 = t_2 - \frac{(t_3 - t_2)(t_2 - t_1)}{(t_3 - t_2) - (t_2 - t_1)} \dots\dots\dots(2.39)$$

c) Simulação computacional que testa diversos valores de t_0 em busca do t_0 que apresenta o máximo coeficiente de correlação.

Em relação ao cálculo de t_0 , opta-se por desenvolver o método da simulação computacional que dentre os métodos possíveis, é capaz de obter o parâmetro t_0 que maximiza a correlação linear com maior acuracidade. Ademais, o procedimento iterativo de verificação da máxima correlação linear é complementar ao método RRY, o que viabiliza seu desenvolvimento.

Neste ponto, cabe observar a existência do método de regressão linear em X (RRX) que se diferencia da regressão em Y apenas pela orientação da minimização dos desvios entre os pontos e a reta de regressão que, neste caso, ocorre na horizontal (em relação ao eixo X) ao invés da vertical.

Na escolha do método, vale destacar a sua adequação ao volume de dados. Conforme observado nos tutoriais do ReliaSoft, que desenvolveu a versão Weibull++9 (recurso computacional adotado neste trabalho), destaca-se as principais diferenças entre os métodos de regressão linear em X (RRX), regressão linear em Y (RRY) e máxima verossimilhança (MLE), em relação ao banco de dados e cálculos do *software*, sendo especificamente as seguintes:

a) Os métodos de regressão RRX e RRY funcionam melhor para pouca quantidade de dados e que contenham apenas o tempo até a falha. Para os casos em que não se conheça exatamente esses tempos, é melhor realizar a regressão em X . Porém, quando os tempos até a falha são bem conhecidos, a incerteza fica no eixo da

probabilidade de falha, portanto, é melhor usar RRY. Estes não levam em consideração os tempos até a inspeção para os cálculos;

b) O método MLE é preferível para grande volume de dados ou dados que contenham alta proporção de inspeções em relação a falhas, pois utiliza os tempos até a inspeção para a estimativa dos parâmetros.

Isso não limita o uso de um método ao outro, apenas sinaliza a questão da melhor adequação ao tipo de dado que está se utilizando.

2.4.2 Coeficiente de Determinação (R^2)

Para se avaliar o teste de aderência dos métodos de regressão, utiliza-se o coeficiente de determinação ou correlação, R^2 , que indica a proporção da variância na variável dependente y que é estatisticamente explicada pela equação de regressão, isto é, pelo conhecimento da variável independente associada a x (FRUTUOSO, 2016).

$$R^2 = \frac{(\overline{xy} - \bar{x}\bar{y})^2}{(\overline{x^2} - \bar{x}^2)(\overline{y^2} - \bar{y}^2)} \dots\dots\dots(2.40)$$

Onde temos então um conjunto de N medidas (x_i, y_i) , com i assumindo valores inteiros desde 1 até N , assim,

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

$$\overline{x^2} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2$$

$$\overline{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$$

$$\overline{y^2} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i^2$$

$$\overline{xy} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i y_i$$

A título de exemplo, o coeficiente de determinação $R^2 = 0,01$ indica que apenas 1% da variância de y é explicado estatisticamente pelo conhecimento de x . Outrossim, quanto mais próximo R^2 estiver de 1, maior é a explicação da variável resposta pelo modelo ajustado.

Em suma, o coeficiente de determinação ou o fator de regressão indica o percentual de influência das variáveis juntas, e é o quanto a variação de y é influenciada pelas outras variáveis.

Na prática, o teste de correlação verifica o quanto os pontos estão próximos da curva de regressão. Valores de R^2 acima de 95% indica que esta hipótese é verídica em atender à distribuição de probabilidade adotada.

As FIG. 2.17 e 2.18 ilustram as distintas aderências entre duas correlações e seus dados de origem, avaliadas através do coeficiente de correlação (R^2).

Figura 2.17 - Regressão linear de dados de falha com menor coeficiente de correlação ($R^2=0,861289$)

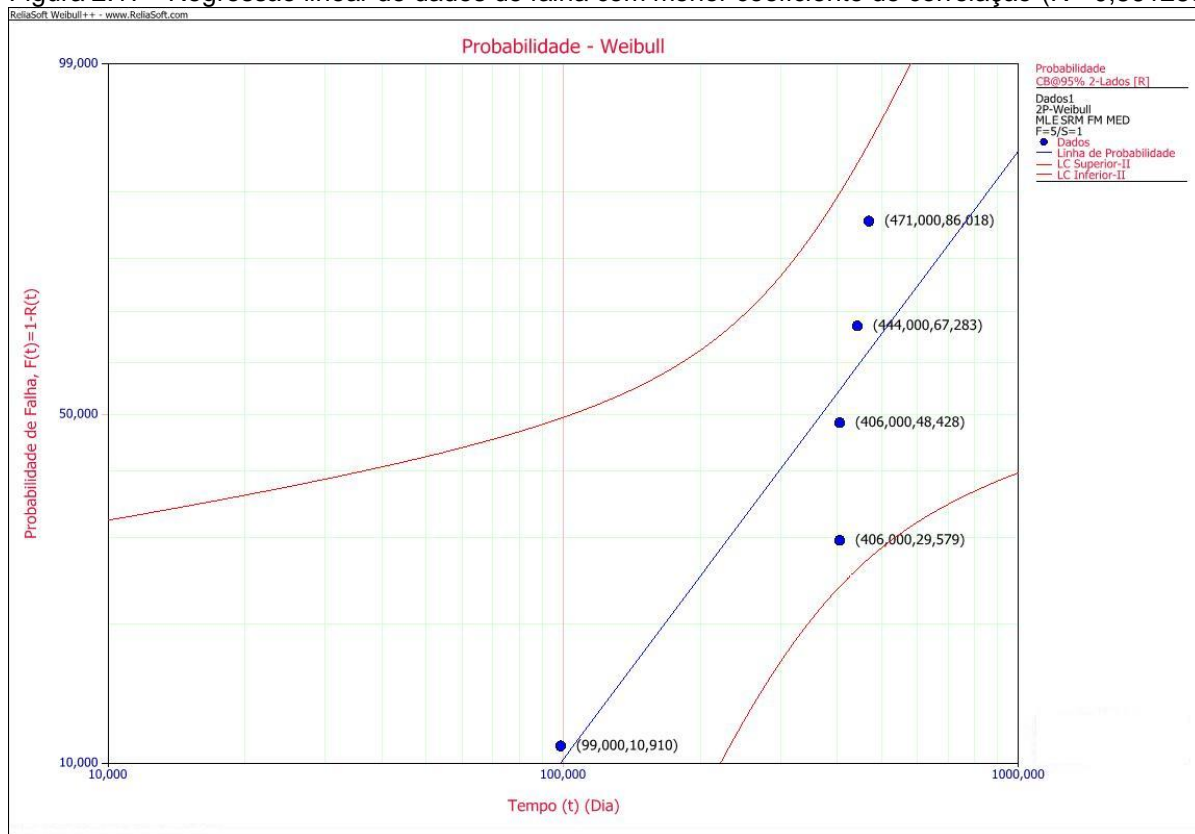
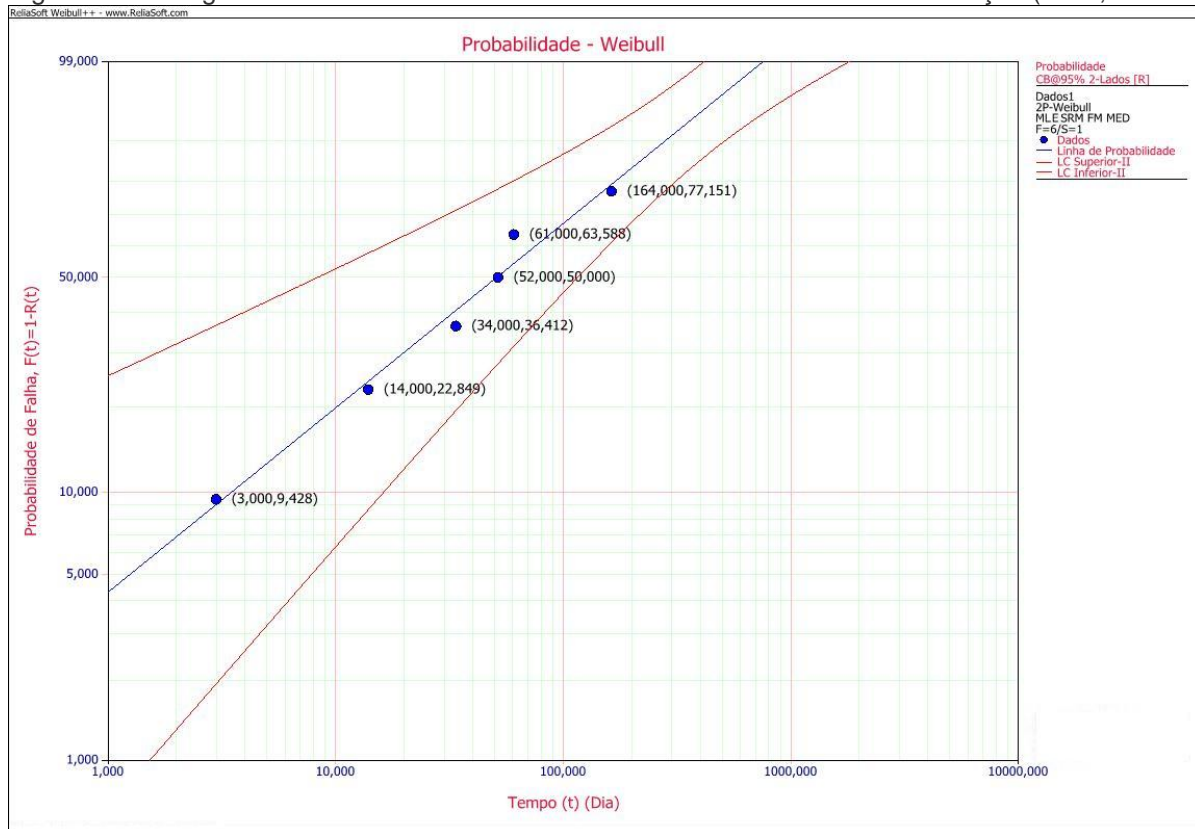


Figura 2.18 - Regressão linear de dados de falha com maior coeficiente de correlação ($R^2=0,990128$)



2.4.3 Análise Reversa

Na análise reversa, montam-se equações para cada nível da FTA, que foi discutida anteriormente no item 2.3.9, arbitra-se o valor do risco limite como sendo o risco tolerável da planta de processo e assume-se no lugar do valor o risco total (R). Em seguida, o risco do equipamento crítico ($R_{i,j}$) passa a ser o foco atuando como incógnita.

Onde, tem-se que na porta lógica OU,

$$R = R_i + R_j \dots\dots\dots(2.41)$$

e na porta lógica E,

$$R = R_i \cdot R_j \dots\dots\dots(2.42)$$

Assim, para se definir os equipamentos críticos na análise reversa, é necessário verificar:

- a) Quais equipamentos são elegíveis; como exemplo, quais os que apresentam a possibilidade da mudança da estratégia de manutenção;
- b) Qual é a priorização, ou seja, qual apresenta a maior contribuição para o risco do sistema em estudo.

Maiores esclarecimentos a respeito da metodologia de lógica booleana, pode ser encontrado em LEWIS (1987).

2.4.4 Análise de Sensibilidade

Na execução de regressões, a análise de sensibilidade tem como objetivo ilustrar o quanto a saída é afetada por variações nos dados de entrada e nas técnicas de agregação (HASSAN & KHAN, 2012).

Modelos matemáticos de confiabilidade envolvem diversas variáveis de entrada e um sistema de ponderação, assim, a análise de sensibilidade também pode ser utilizada para estudar o impacto ou peso da mudança de distribuição no modelo de confiabilidade, bem como o erro ou o efeito das incertezas nos parâmetros de distribuição principalmente para o cálculo do intervalo ótimo de manutenção.

2.5 CONCEITOS DE RISCO

2.5.1 Definição

Segundo a norma API 580 (2009), o risco é a combinação da probabilidade de ocorrência de determinado evento em determinado período de tempo, com a consequência deste evento, que geralmente possui caráter negativo.

O conceito matemático de risco é descrito como o produto da probabilidade de falha pela consequência da falha.

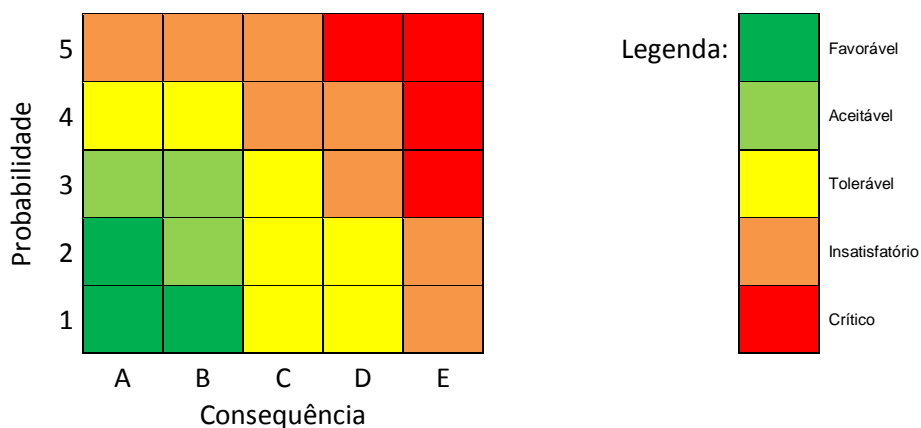
Risco = Probabilidade de Falha x Consequência de uma Falha.....(2.43)

2.5.2 Matriz de Risco

A avaliação do risco pode ser qualitativa ou quantitativa. Na análise qualitativa, o entendimento de como os fatores afetam o risco e as incertezas associadas a esses fatores, são baseados na interpretação lógica do histórico do equipamento e na experiência dos envolvidos na sua operação e manutenção. Já a análise quantitativa (ou probabilística) é baseada em cálculos estatísticos utilizando um grande histórico de banco de dados.

Os conceitos de probabilidade de falha e sua consequência podem ser combinados e representados através da matriz de risco, tal qual na FIG. 2.19.

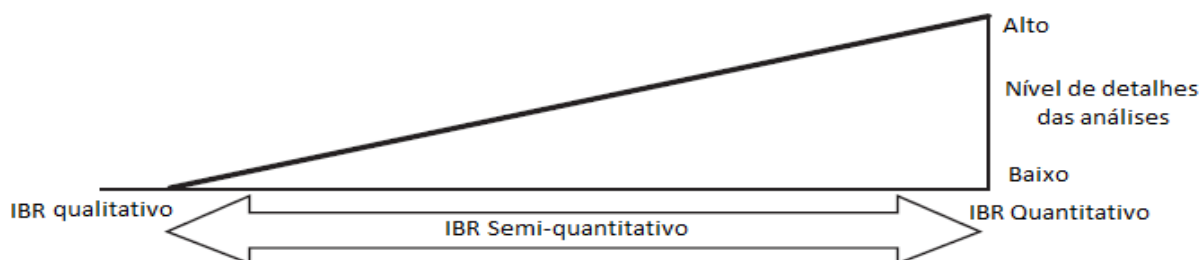
Figura 2.19 - Matriz de risco



Fonte: ZHAOYANG et alii, 2011.

Tanto a probabilidade de ocorrência de falhas quanto suas eventuais consequências podem ser estimadas, de maneira prévia, de forma quantitativa, qualitativa ou semi-quantitativa, a depender das características do sistema considerado e dos dados disponíveis para a avaliação. Obviamente que, como ilustra a FIG. 2.20, quanto maior o volume de informações acessíveis, menor a subjetividade da análise e maior a precisão dos resultados investigados.

Figura 2.20 - Nível de detalhes das análises qualitativas, quantitativas e semi-quantitativas para a Inspeção Baseada no Risco (IBR)



Fonte: API 580, 2009.

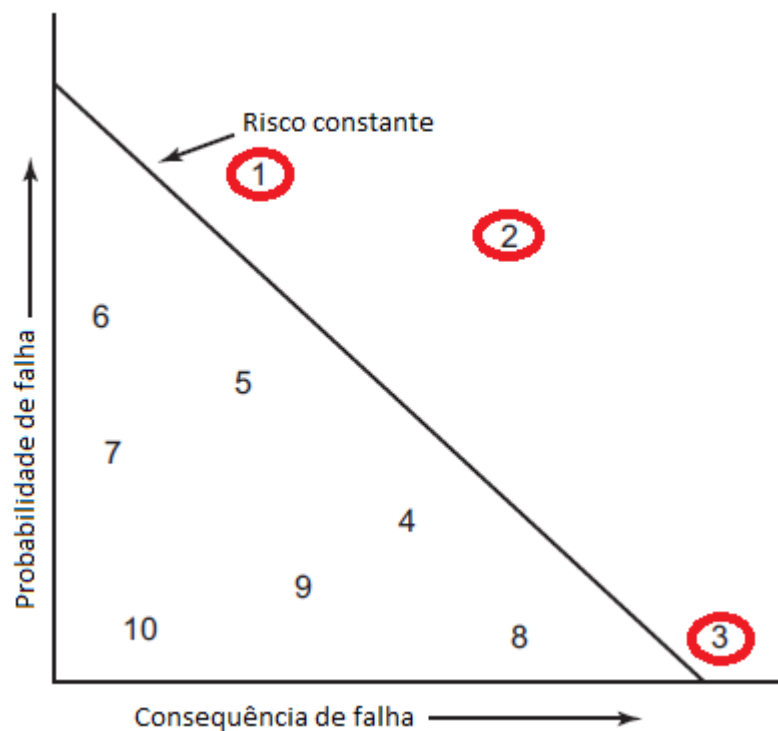
2.5.3 Critérios de Aceitabilidade

As empresas de modo geral adotam critérios de aceitabilidade de riscos no âmbito financeiro, ambiental e de forma a garantir a saúde e segurança de sua força de trabalho.

Utilizando uma matriz de risco, é possível reunir as informações de probabilidade e consequência de falha, além dos critérios de aceitabilidade de riscos, de forma a proporcionar uma avaliação integrada dos equipamentos da unidade, consoante ao exemplo da FIG. 2.21, onde os pontos 1 a 10 representam os riscos estimados (de forma quantitativa, qualitativa ou semi-quantitativa), sendo que os equipamentos 1, 2 e 3 estão posicionados na região de não aceitação, enquanto os demais permanecem em níveis aceitáveis de risco.

Como a probabilidade de falha dos equipamentos é variável com o tempo, faz-se necessária uma avaliação temporal da matriz de risco. Para isto, utiliza-se no cálculo da probabilidade de falhas o método de Weibull (BELARMINO, 2013).

Figura 2.21 - Critério de aceitabilidade



Fonte: API 580, 2009.

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, conforme informado, foram apresentados conceitos que fomentaram a investigação proposta neste trabalho, e no Capítulo III, a seguir, serão expostas as ferramentas de tomada de decisão de planejamento de manutenção, utilizadas para o desenvolvimento do modelo de Risco Dinâmico: Manutenção Baseada no Risco (RBM) e Manutenção Baseada em Condição (CBM).

CAPÍTULO III

MÉTODOS DE TOMADA DE DECISÃO NA MANUTENÇÃO

3.1 MANUTENÇÃO BASEADA EM CONDIÇÃO (CBM - *CONDITION BASED MAINTENANCE*)

Trata-se de uma estratégia de manutenção baseada na medição da condição de ativos (sistemas ou equipamentos), para avaliar se irá falhar durante algum período futuro, e, em seguida, tomar as medidas adequadas para evitar as consequências dessa falha.

A condição dos ativos é acompanhada utilizando-se uma variedade de tecnologias de coleta de dados, por intermédio da utilização de técnicas de tratamento e controle de processos estatísticos, pelo desempenho do equipamento monitorado por instrumentos de detecção direta ou indireta de falhas ou mesmo através do uso dos sentidos humanos (manutenção sensitiva).

Agora listo alguns dos modelos associados com uma estratégia de manutenção baseada em condição:

- a) Intervalos variáveis, que requerem algoritmos e ferramentas para mapear e antecipar o intervalo flutuante (estocástico) e o intervalo logarítmico;
- b) Análise qualitativa, onde se adota uma estratégia de manutenção de acordo com inferências baseadas na experiência;
- c) Adoção de modelos de deterioração, que mostra a relação entre falha potencial (P) e a insuficiência funcional (F) com a proximidade desses pontos;
- d) Diagnósticos preditivos, com o uso de ferramentas de detecção, utilizando um histórico de medições obtidas em intervenções de manutenção.

Vale destacar que nos modelos de deterioração, os atributos de um cânone aleatório alteram ao longo do tempo. Portanto, é necessário um modelo de probabilidade, que tem um estado finito, para descrever certo tipo de processo estocástico (muda ao longo do tempo de uma maneira incerta) que se move em uma sequência de fases através de pontos discretos no tempo e de acordo com a probabilidade fixada (SHARABAH et alii, 2006).

Assim sendo, como forma de acompanhamento ou de monitoramento dessa deterioração do componente do equipamento, os princípios e conceitos de manutenção preditiva são:

- Intervalo e curva P-F (Probabilidade de Falha);
- Falha potencial;
- Degradação tolerante e da falha;
- Principais indicadores;
- Monitoramento remoto;
- Histórico;
- Medições baseadas em intervenções.

A seguir estão listadas algumas das tecnologias de diagnóstico cujos objetivos são utilizados em programas de manutenção baseada em condição:

- Análise de desgaste (espectrometria de absorção atômica², ferrografia³, boroscopia⁴);
- Termografia⁵ (termovisão);
- Medições de temperatura (pirômetro);
- Ultrassom⁶;

²Também chamada de espectrofotometria de absorção atômica, é o método de análise usado para determinar qualitativamente e quantitativamente a presença de metais numa amostra de óleo lubrificante.

³É o estudo tribológico de partículas encontradas em óleos lubrificantes com o objetivo de definir o grau e o modo de desgaste de máquinas e equipamentos.

⁴Técnica de inspeção em equipamentos industriais que utiliza uma câmera de videoscopia, onde permita visualizar possíveis falhas e danos na superfície da parte interna de máquinas, peças e componentes.

⁵Mapeia um corpo ou uma região com o intento de distinguir áreas de diferentes temperaturas, sendo portanto uma técnica que permite a visualização artificial da luz dentro do espectro infravermelho.

⁶É um método de ensaio não destrutivo (END) baseado em ondas de ultrassom para detecção interna de defeitos em materiais ou para a medição de espessura de paredes e detecção de corrosão.

- Monitoramento de vibração;
- Análise visual.

A avaliação da condição pode se apresentar como:

- a) Qualitativa - intervalo ideal para cada tarefa de manutenção com base em informações qualitativas;
- b) Pragmática - medições reais e planejadas;
- c) Empírica - identificada a partir das tecnologias de diagnóstico.

3.1.1 Implementação da CBM

De forma geral, os seguintes requisitos podem ser identificados para a adequação de um ativo visando à aplicação da Manutenção Baseada na Condição:

l) Requisitos técnicos, onde,

- Haja parâmetros que governam as necessidades da manutenção do ativo, ou seja, o mecanismo de falha crítica e o parâmetro de condição associado;
- os parâmetros podem ser medidos;
- os valores ou tendências mensuráveis podem prever falhas ou serem avaliados dentro de intervalos de manutenção.

Deve-se destacar que o prognóstico da metodologia CBM mostra na maioria dos casos o aspecto mais complexo. Apenas esperando até que um certo parâmetro exceda uma região de valores críticos que naquele momento a ação de curto prazo

é necessária, o que é difícil de planejar (por exemplo, pessoal e peças de reposição) e pode ter consequências graves para a disponibilidade do sistema.

Este período é o intervalo de P-F (rever a FIG. 2.5), ou seja, o tempo entre a detecção de uma falha e a esperada ocorrência de uma falha. Só que quando o intervalo P-F é suficientemente grande, o CBM é viável (TINGA et alii, 2010).

II) Requisitos econômicos e de segurança, em que,

- A aplicação da CBM pode produzir vantagem financeira (menores custos de manutenção, maior disponibilidade) ou este aumenta o nível de segurança.

Assim, quando estes requisitos são atendidos, o ativo é adequado para ser mantido por CBM.

O próximo passo é, então, decidir como o sistema pode ser implementado. Isso requer atendimento detalhado das seguintes questões técnicas:

a) Se a condição pode ser avaliada diretamente (desgaste, vibrações) ou indiretamente (desempenho);

b) Se o método é adequado para medir as quantidades necessárias, quanto ao sensor apropriado, acesso ao local, modo de coleta de dados (local, remoto/*on-line*), frequência de amostragem (em tempo real ou durante as inspeções regulares), quantidade e tratamento de dados para definir tendências em função dos valores medidos de forma a viabilizar o prognóstico aplicado dentro de intervalos de manutenção.

Outrossim, classifica-se os métodos CBM de acordo com dois aspectos a saber: quanto aos tipos de dados que são utilizados, processo ou dados de falha, e ao método para se obter o valor esperado ou tendência, se modelagem estatística ou analítica.

A modelagem estatística refere-se a métodos estatísticos e probabilísticos que usam o processo ou a insuficiência de dados históricos coletados para detectar tendências ou extrapolar visando o futuro afim de prever as falhas.

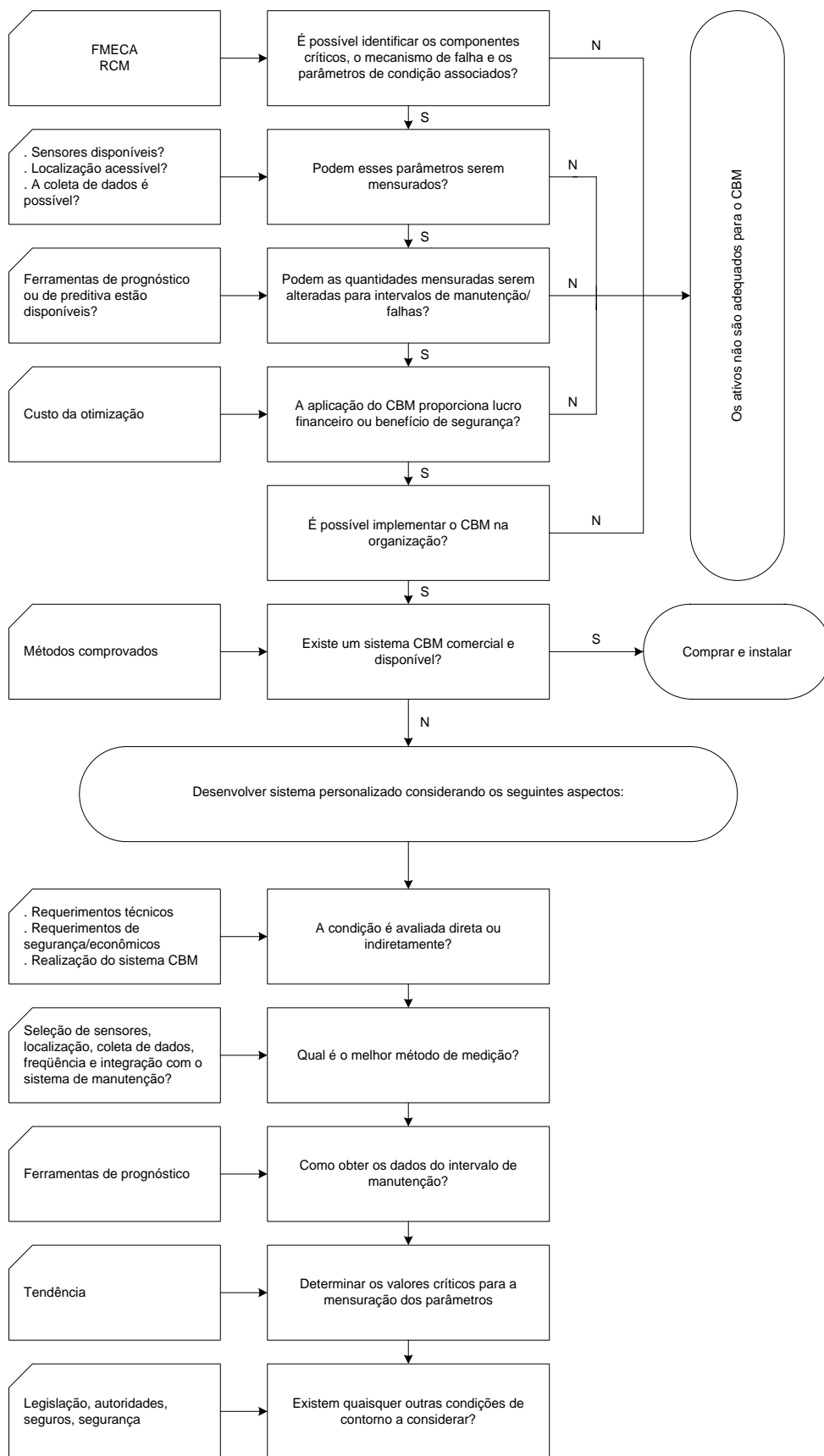
Já os modelos analíticos representam os modelos mais físicos (ou medidos) que se relacionam com o uso de previsões de vida útil, por exemplo, baseados nos mecanismos de falha envolvidos.

Desta forma, na maioria dos casos, os requisitos gerais só podem ser verificados quando o método de avaliação for definido. No entanto, determinar se haverá uma vantagem econômica para a adoção desta estratégia de manutenção é na maioria dos casos bastante difícil.

A análise de todos os aspectos de um sistema de CBM permite uma avaliação correta da adequação a um determinado ativo e produz orientações úteis para o desenvolvimento real do sistema de CBM. Na prática, porém, as empresas muitas vezes não dispõem de tempo e recurso para fazer análises detalhadas e tomar decisões rápidas que não são baseadas no conhecimento minucioso da falha do comportamento do sistema. Isto pode resultar no desenvolvimento de um sistema de CBM superestimado e oneroso, que monitora as quantidades erradas e, portanto, de baixa eficácia (TINGA et alii, 2010).

Com base nos requisitos gerais para a manutenção baseada na condição, a seguir é apresentado na FIG. 3.1, a título de exemplo, um esquema de decisão desenvolvido para orientar se um determinado ativo é adequado para a CBM e no desenvolvimento de um sistema apropriado de monitoramento da condição.

Figura 3.1 - Esquema de decisão na CBM



Fonte: TINGA et alii, 2010.

3.1.2 Análise Estatística da CBM

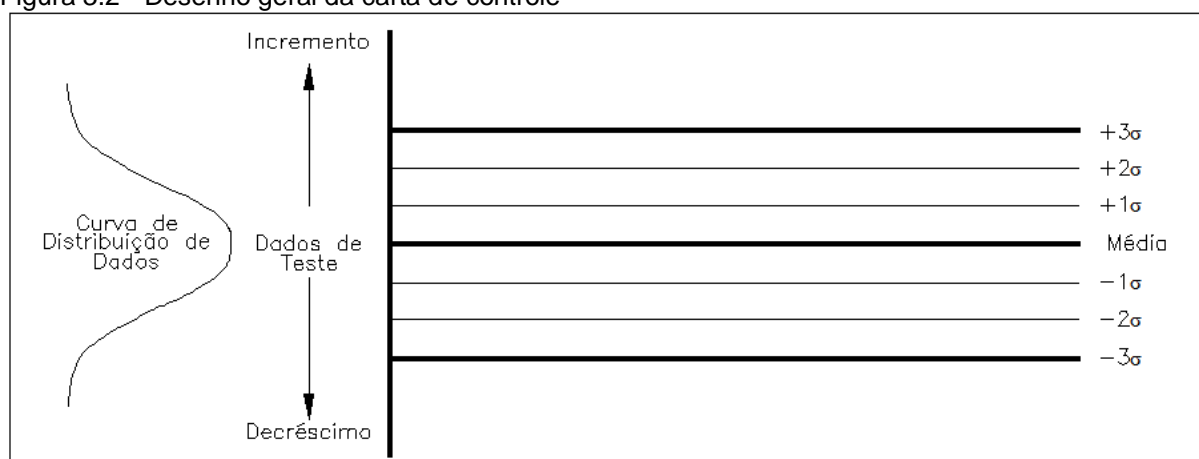
O objetivo da análise estatística dos dados na CBM é detectar sinais de mudança no desempenho com antecedência para evitar a avaria do sistema. Isto requer que os modelos matemáticos de performance sejam desenvolvidos a fim de que as avaliações de condição possam ser executadas. Os dados existentes a partir de um conjunto de componentes específicos e classificações/famílias semelhantes são assim utilizados para estabelecer os padrões gerais de variação que pode ser esperado quando na coleta desses, ao longo do tempo, para um determinado destino. Uma vez que o parâmetro foi modelado, cada ponto de dados recentemente recolhido pode ser comparado com o modelo básico da condição do sistema, e as ações apropriadas podem ser tomadas (DILEO et alii, 1999).

Estes dados, coletados a partir de pesquisas de manutenção, têm algumas características específicas. Para cada parâmetro medido, apenas uma medição de teste é feita; estas grandezas referem-se ao componente ou sistema. As medições são realizadas com menor frequência em tempos de ciclo de ensaio que variam de várias semanas a vários anos. Desta maneira, a análise deve ser feita com apenas uma pequena quantidade de dados a partir da parte que está sendo analisada. Os dados derivados de um parâmetro específico tende a ser relativamente estável se o sistema estiver em boas condições de operação e as correções ambientais adequadas estiverem feitas (caso necessário).

Para o tratamento e a análise dos dados no CBM, são utilizados métodos sensíveis o suficiente para detectar mudanças significativas nas medições individuais a partir do modelo do sistema, bem como na detecção de tendências ou derivações de dados acumulados ao longo do tempo. Estes artifícios devem ser relativamente insensíveis à variações aleatórias menores tais como a partida do sistema de medição. A análise da CBM também deve fornecer um meio para categorizar o nível de desempenho de um dispositivo, de modo que as decisões possam ser feitas quanto à frequência de inspeções futuras ou a necessidade de ajustes neste sistema ou de reparação.

Assim, pode-se aplicar estratégias de controle, que fornecem os meios para avaliar os dados de teste obtidos na verificação do desempenho previstos num modelo estabelecido. Os limites de controle são calculados a partir de um sistema conhecido ou estimado pela variação das bandas de desempenho que são definidas através de incrementos de desvio padrão em relação à média nominal do nível operacional. A FIG. 3.2 mostra o desenho geral de um gráfico de controle que tem uma linha central posicionada no nível médio de qualquer parâmetro medido e incrementos de desvio padrão (trata-se de uma medida de variação) de cada lado da linha central, presumindo-se que os dados do CBM estão distribuídos normalmente sobre um valor médio, em funcionamento.

Figura 3.2 - Desenho geral da carta de controle



Fonte: DILEO et alii, 1999.

Como pode-se observar, a aplicação da teoria estatística indica que quando qualquer sistema operacional estiver em controle estatístico, as medições repetidas quase sempre caem dentro de três desvios padrão (3σ) de ambos os lados da linha central em um gráfico de controle, com dados mais prováveis de cair próximo ao centro da carta do que para os extremos. Esta teoria aplicada aos dados de ensaio de CBM proporciona um meio para estatisticamente se avaliar a condição do sistema de ensaio.

Tendo como modelo os gráficos de controle de níveis conhecidos ou esperados de desempenho do sistema, vários níveis de ação podem ser tomados como resultado de que um ponto de dados de teste esteja fora dos limites do gráfico.

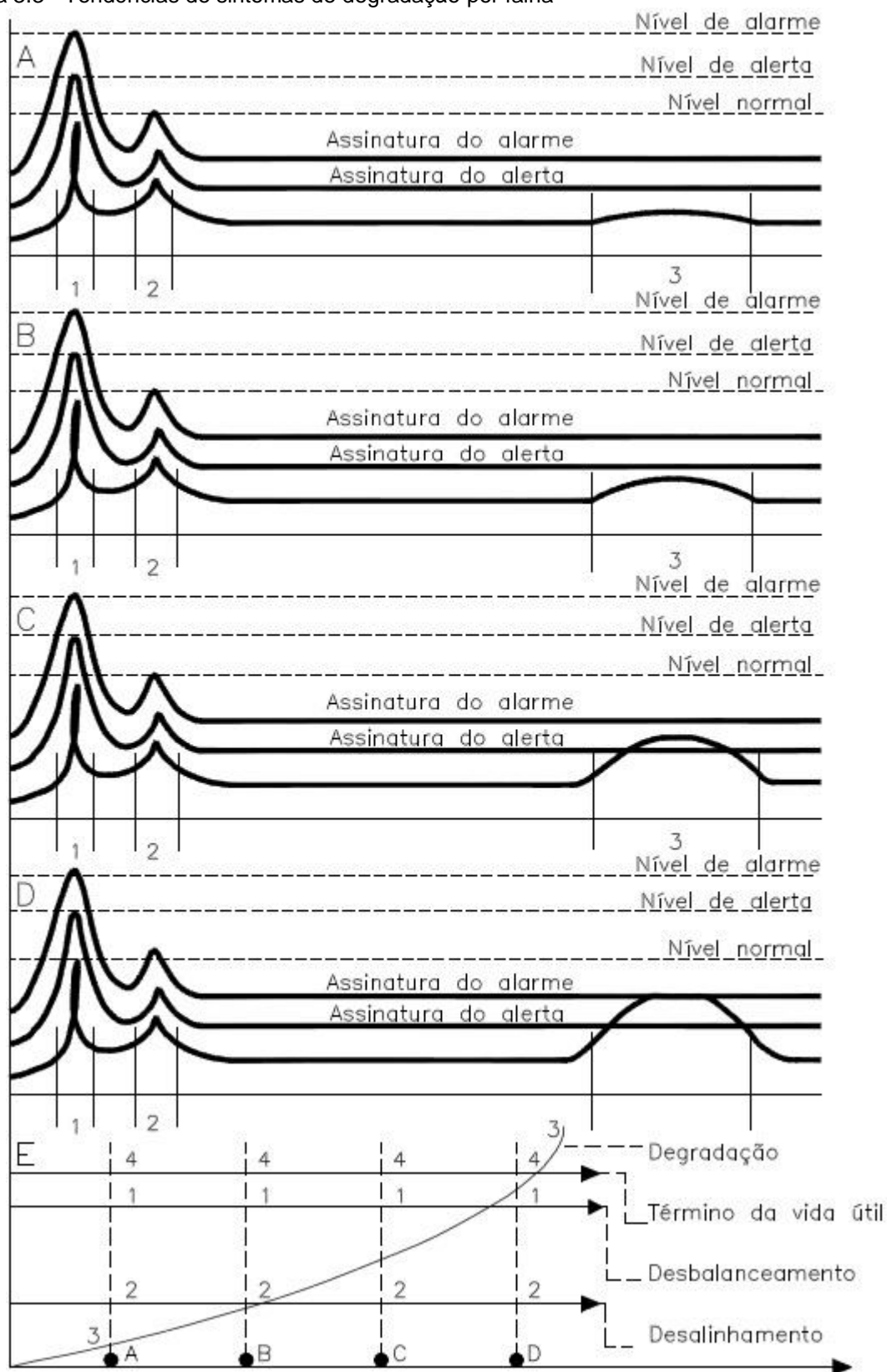
O sintoma da indicação determina o nível da predição de falhas, que é definido como o detectado, o de alerta e o de alarme. Este método quantifica os indicadores das medidas atribuídas (assinaturas) em termos da presença, do fenômeno e da força deste sinal.

Os diferentes modos de falha têm distintos e adversos indícios, que correspondem às diferentes características dos sinais de falha. Isto pode ser visto/evidenciado a partir da FIG. 3.3, considerando os espectros em A, B, C e D que são momentos temporais, e onde as posições características 1, 2 e 3 representam o desbalanceamento do rotor, o desalinhamento do eixo e a falha do rolamento, respectivamente. A predisposição na ocorrência de desgaste (E: linha 3) e falha do rolamento passou por um processo gradual de ascendência e degradação, enquanto que a tendência do sintoma de desbalanceamento (E: linha 1) e a inclinação às nuances do desalinhamento (E: linha 2) aparentemente não variaram. Com base nestas três linhas, a predição da falha pode ser conseguida, e proporcionar um processo de tomada de decisão para a verificação de falhas e o planejamento da manutenção (QINGFENG et alii, 2011).

3.1.3 Benefícios da CBM

A inspeção/manutenção proativa, que pode aumentar a produção com segurança (CHRISTER et alii, 1997), a qualidade e a disponibilidade (CARNERO, 2006) no processo de plantas industriais, compreende as tarefas preventivas e as preditivas. As tarefas preditivas estão correlacionadas com a integridade das tecnologias da manutenção preventiva, que contém ambas técnicas de monitoramento de condições *online* (conectada) e *offline* (desconectada) que são cada vez mais importantes na indústria de processo, especialmente em áreas remotas, perigosas e ambientes hostis. Existem numerosos parâmetros tais como o sinal de contaminantes dos lubrificantes, as vibrações mecânicas, a imagem da termografia, a extensão de corrosão e assim por diante, que podem ser medidos, analisados e comparados para realizar a predição e o diagnóstico de falha.

Figura 3.3 - Tendências de sintomas de degradação por falha



Fonte: QINGFENG et alii, 2011.

Geralmente, a análise de sinais de vibração para máquinas rotativas e alternativas é considerada a mais amplamente utilizada devido à sua elevada capacidade e versatilidade. A diferença entre o sinal de falha e o sinal normal faz com que seja possível diagnosticar ou prever o início da falha, para que se otimize as ações de manutenção, suprimentos e a mobilização de mão de obra necessários (KENNETH & GRANT, 1994).

O histórico de informações preditivas contribui para determinar os parâmetros de confiabilidade, a otimização dos planos de manutenção e os indicadores de tomada de decisão.

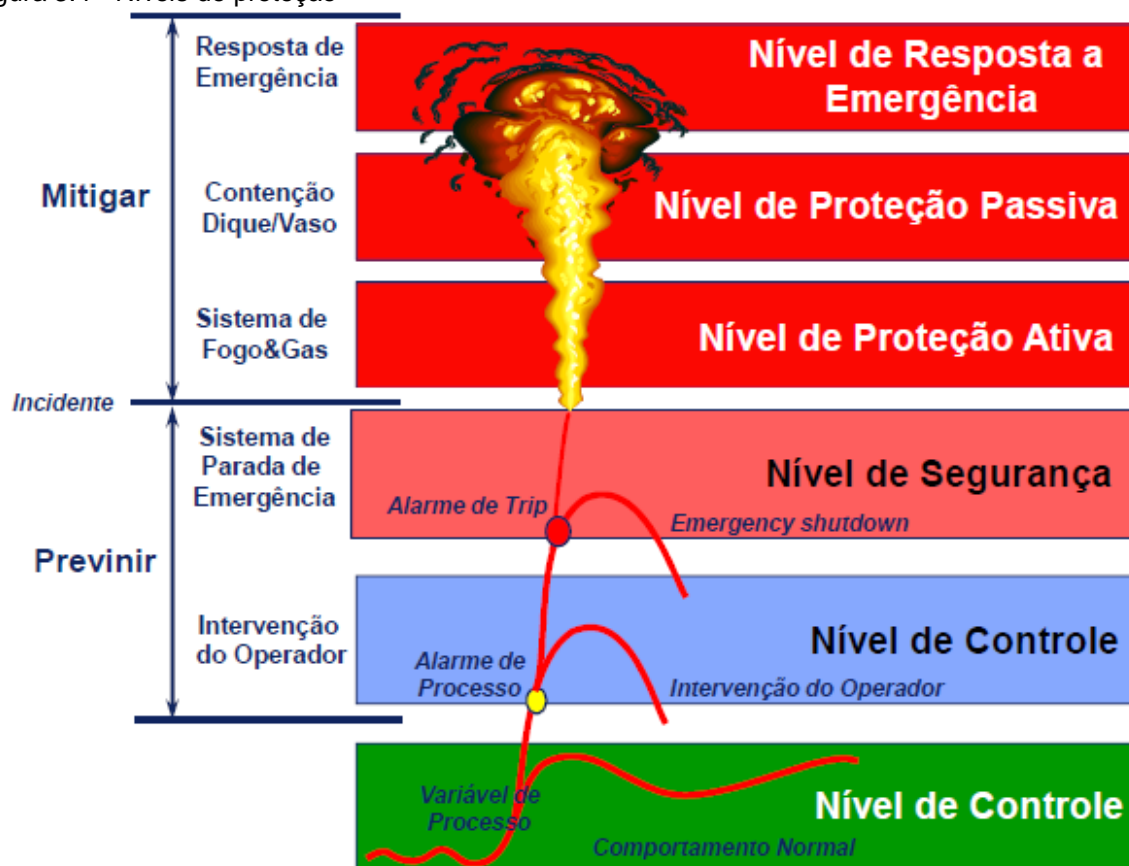
A manutenção preditiva pode ser baseada em dados estatísticos ou condições, onde a primeira é fomentada por informações geradas a partir de todos os tipos de modelos estatísticos e a manutenção preditiva com base na condição está relacionada com a saúde do equipamento.

3.1.4 Sistema de Controle, Segurança e Emergência

A planta que é objeto deste estudo, apresenta um sistema de controle, segurança e emergência, segregada em níveis de proteção, como o exemplificado na FIG. 3.4.

A saída de dados monitorados destes sistemas também podem ser utilizados para fins de análise em processo de manutenção baseada no risco e em condição, como será visto no Capítulo IV, que trata do desenvolvimento do modelo proposto neste trabalho, os quais são destacados os níveis de segurança e de controle, cujos dados de saída obtidos via instrumentos e alarmes são utilizados como insumo no tratamento de resultados.

Figura 3.4 - Níveis de proteção



Fonte: BRIGUENTE, 2012.

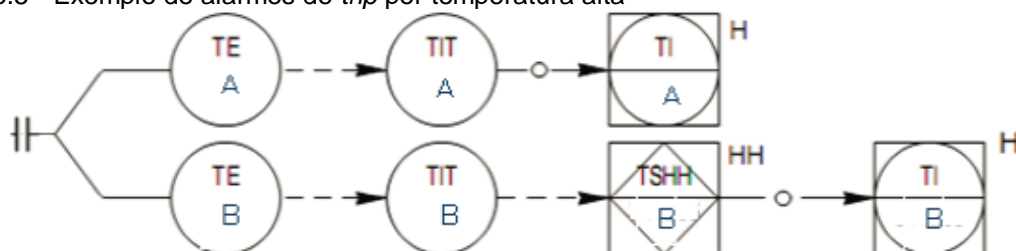
Ambos os níveis são conduzidos pelo SDCD (Sistema Digital de Controle Distribuído), cujos alarmes foram definidos e analisados na etapa de racionalização dos seguintes tipos de alarmes, configuráveis para cada variável de processo:

- H / L – Alarme absoluto; variável apresenta um valor maior (H - *high*) ou menor (L - *low*) que o recomendado para a operação estável do processo, caracterizando uma condição de anormalidade;
- HH / LL – Alarme de *trip*; caso transcorrer num determinado tempo após o alarme de H ou L e as ações corretivas não surtirem o efeito de normalização das condições indesejadas, em algumas situações, será ativado um alarme de HH (*high high*) ou LL (*low low*) indicando atuação automática do sistema de segurança da unidade (*trip* total ou parcial). Apenas casos específicos de grandes máquinas, ocorrem alarmes de HH e LL, que não são vinculados a *trip*.

Os alarmes do tipo *HH* e *LL* são utilizados para indicação de alarmes de *trip*, total ou parcial. Todos os alarmes de intertravamento possuem um alarme precedente (H para HH ou L para LL), no mesmo ponto de medição mas em um conjunto sensor/transmissor independente, conforme prega a norma N-2595 (2002). No exemplo da FIG. 3.5 a seguir, temos o instrumento *A* com alarme de temperatura alta, e o instrumento *B* com alarme de valor muito alto, indicando algum *trip* na unidade.

Os valores de *H* e *HH* são configurados com uma folga suficiente para que o operador possa impedir o evento de intertravamento.

Figura 3.5 - Exemplo de alarmes de *trip* por temperatura alta



Fonte: FARINA & GONZÁLEZ, 2009.

O sistema de intertravamento é composto de componentes eletricamente conectados, que detecta uma condição anormal de processo e responde sem a necessidade de intervenção humana para prevenir ou reduzir o impacto à comunidade, aos trabalhadores da unidade, aos ativos da empresa ou seus negócios.

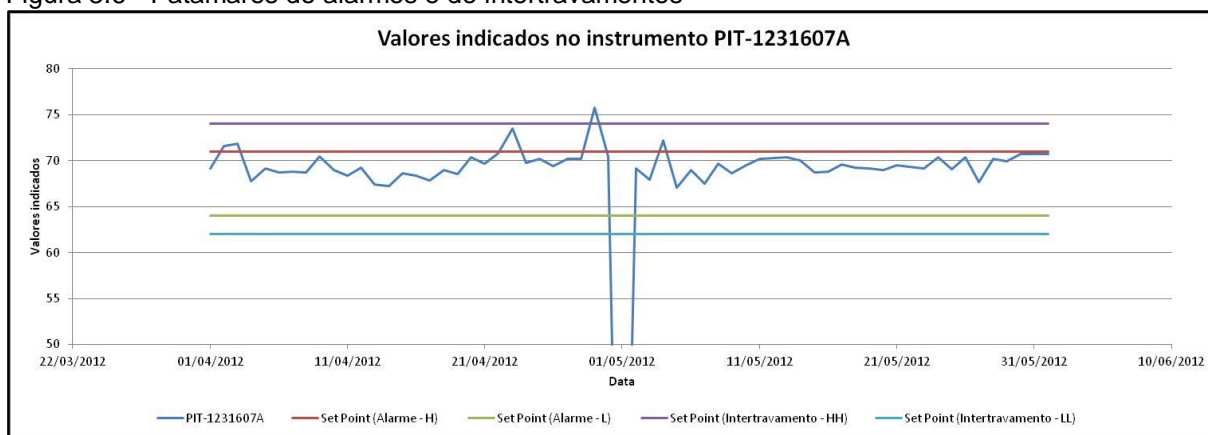
Este sistema opera dentro dos estágios ou barreiras de proteção, chamadas de níveis de proteção conforme mostrado anteriormente, que permite a ilustração empregada nas plantas de processo, onde o sistema de intertravamento atua no sistema de segurança.

Os alarmes de intertravamento são todos configurados em um sistema de segurança independente, impedindo assim a edição indevida de valores críticos de processo pela operação. A atuação de um intertravamento envia o sinal de atuação por uma chave, assim o operador e os sistemas de alarmes são informados do evento. De outra forma, os alarmes de *H* ou *L* são configurados no SDCD, sendo passíveis de edição por usuários autorizados.

No exemplo ilustrado, a variável B é também configurada com alarme do tipo H . Esta configuração garante o alarme de processo mesmo que o instrumento A esteja em manutenção. Para evitar alarmes redundantes, o sistema foi projetado para que qualquer um dos alarmes de H atuado suprima o outro. Da mesma maneira, o eclipse (detecção) de alarmes garante que a atuação do *trip* (HH) suprima automaticamente qualquer alarme de H nos instrumentos A ou B .

Segue o esquemático na FIG. 3.6, onde temos o 1º patamar (alarmes) que está no intervalo entre H e L , e o 2º patamar (intertravamentos) que encontra-se entre HH e LL .

Figura 3.6 - Patamares de alarmes e de intertravamentos



3.2 MANUTENÇÃO BASEADA NO RISCO (RBM - RISK BASED MAINTENANCE)

A Manutenção Baseada no Risco (RBM) aplica os princípios da gestão de risco para as tarefas individuais e/ou em blocos, utilizando-se uma matriz de risco que avalia o impacto e o efeito destas tarefas de manutenção, obtendo-se a probabilidade de falha (PoF) e as consequências de falha (CoF) do ativo.

A manutenção é essencialmente tratada como um processo de controle de risco, onde se dispende mais tempo no gerenciamento através do risco em:

- a) Prevenção - redução da probabilidade de falha através da preservação e prevenção;
- b) Recuperação - redução das consequências da falha por meio de recuperação, reparos e renovações.

Esta é uma técnica de análise financeira focada em estabelecer o valor relativo da tarefa de manutenção individual. Abaixo estão listados alguns dos principais atributos da manutenção baseada no risco:

- a) Avaliação de riscos - a estratégia de manutenção em que os processos de manutenção são planejados com base nos riscos de falha, efeitos e custos calculados;
- b) A manutenção baseada em risco tenta equilibrar a probabilidade de falha (PoF) e as consequências da falha (CoF) em cada ativo, visando a redução do risco.

Assim, a RBM tende a se concentrar inicialmente em tarefas de manutenção que são essenciais para a segurança, a preservação de garantia e a prevenção de perdas.

3.2.1 Implementação da Manutenção Baseada no Risco (RBM)

A seguir são enumerados os principais passos no desenvolvimento de um programa de manutenção baseada em risco:

- i) Identificar o inventário de ativos;

- ii) Atribuir uma probabilidade de falha (PoF) para cada ativo com base no conhecimento da vida consumida ao longo de uma curva de sobrevivência ou curva de degradação;
- iii) Atribuir uma consequência da falha (CoF) na classificação para cada ativo com base no conhecimento da importância dos efeitos de falha;
- iv) Atribuir eventuais fatores de risco para refletir as próprias normas de operação e os perfis de risco;
- v) Verificar a posição de todos os bens com base em seu índice de criticidade (PoF x CoF x Fator de Risco);
- vi) Obter o mapa dos ativos segundo uma matriz de criticidade, como a discutida no item 2.5.2;
- vii) Identificar os ativos críticos e os ativos não críticos;
- viii) Identificar os ativos sujeitos a regulação normativa ou legislativa e os ativos não regulados;
- ix) Determinar as práticas de intervenção para gerenciar o risco através de uma combinação de manutenção adequada, empregando-se a manutenção baseada em tempo (*Time Based Maintenance* - TBM) e a manutenção baseada em condição (*Condition Based Maintenance* - CBM) explanada no item 3.1.

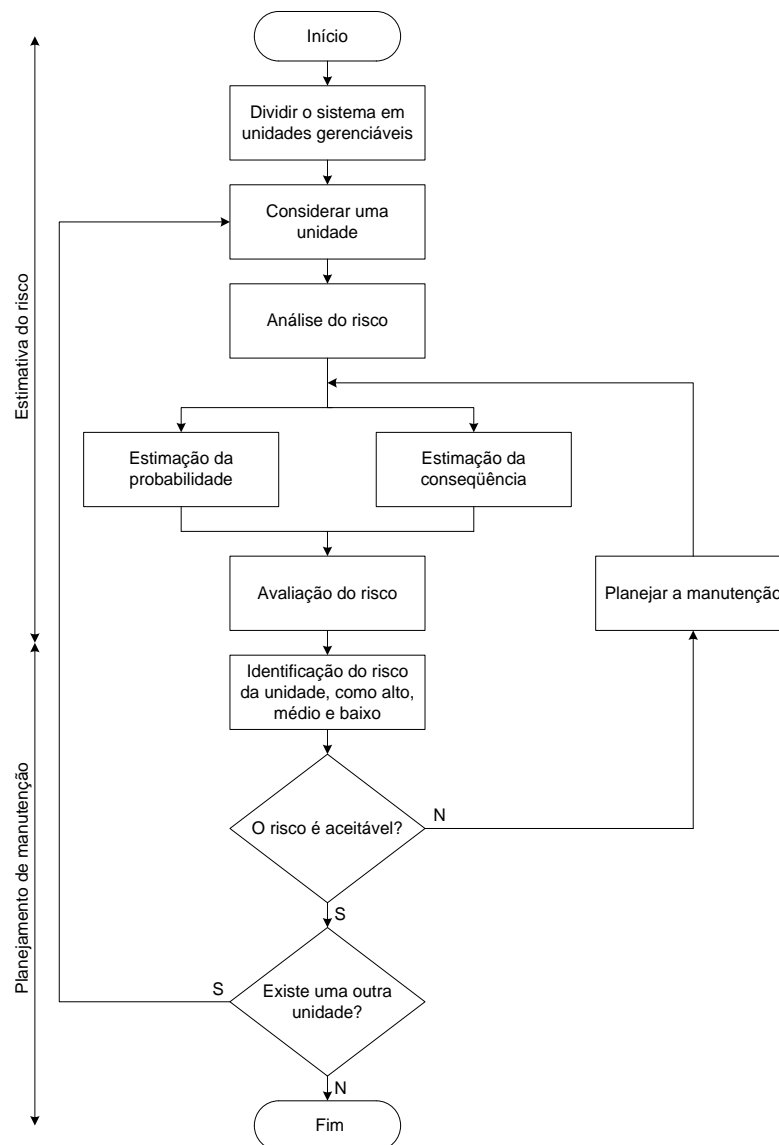
Assim, a metodologia da manutenção baseada no risco fornece uma ferramenta para o planejamento de manutenção e de tomada de decisão visando reduzir a probabilidade de falha do equipamento e as consequências de falha. O programa de manutenção resultante maximiza a confiabilidade do equipamento e reduz o custo de manutenção total.

Conforme a FIG. 3.7 demonstra, a manutenção baseada no risco é composta por duas principais fases:

(1) Avaliação do risco.

(2) Planejamento de manutenção com base no risco.

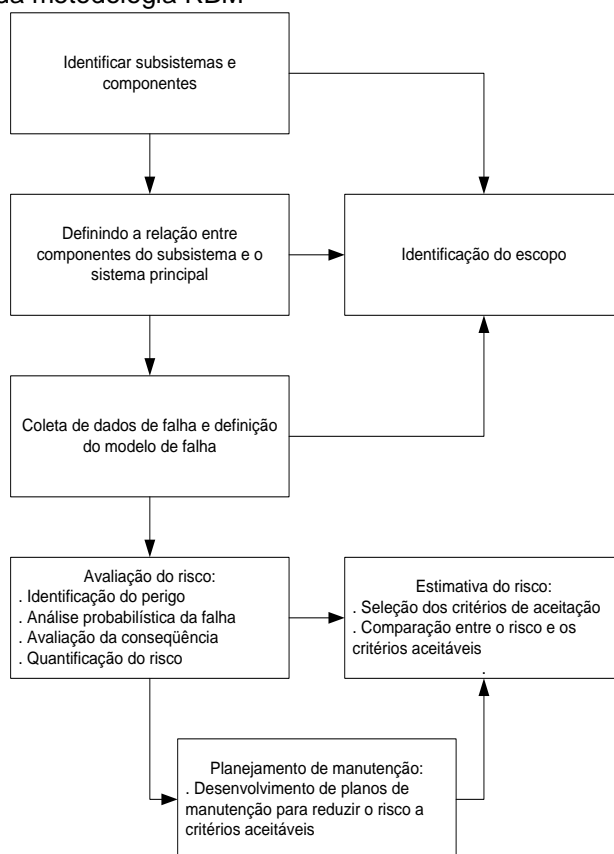
Figura 3.7 - Abordagem geral da manutenção baseada no risco



Fonte: ARUNRAJ & MAITI, 2010.

A arquitetura de implementação da metodologia está demonstrada na FIG. 3.8, que ilustra um diagrama de fluxo do processo utilizado no desenvolvimento.

Figura 3.8 - Arquitetura da metodologia RBM



Fonte: KHAN & HADDARA, 2003.

3.2.1.1 Identificação do Escopo

A planta é dividida em grandes sistemas, cada sistema é subdividido em subsistemas e os componentes de cada subsistema serão identificados.

Cada sistema é analisado individualmente até que a totalidade da planta seja investigada.

Os dados necessários para analisar os cenários de falhas potenciais para cada sistema são coletados. Os relacionamentos físicos, operacionais e lógicos entre os componentes serão então estudados.

3.2.1.2 Avaliação de Risco na RBM

A avaliação de risco começa com a identificação dos principais riscos potenciais (principais eventos) que cada cenário pode levar à falha.

O método de árvore de falhas é utilizado para identificar os eventos básicos e os caminhos intermediários que levarão para o evento de topo (evento de falha do sistema).

Dados de falha dos eventos básicos do subsistema são utilizados para estimar a probabilidade de falha do subsistema.

A análise em sequência quantifica o efeito da ocorrência de cada um dos cenários de falha. Este se baseia num estudo dos custos de manutenção, incluindo os custos incorridos como resultado de falha. Finalmente, uma medida quantitativa do risco é obtida.

3.2.1.3 Critério de Risco

Um critério de risco aceitável é determinado e utilizado para decidir se o risco estimado de cada cenário de falha é aceitável ou não.

Cenários de falhas que produzem riscos inaceitáveis são utilizados para determinar a manutenção de políticas para os componentes envolvidos.

3.2.1.4 Planejamento de Manutenção na RBM

Subsistemas que não cumpriram os critérios de risco aceitáveis são estudados com o objetivo de projetar um programa de manutenção que irá reduzir o risco.

Tanto o tipo de manutenção como o intervalo de manutenção deve ser decidido nesta fase.

Na modificação do intervalo de manutenção, a probabilidade de falha altera e isso vai afetar também o risco envolvido.

A probabilidade do evento topo é calculada mediante o critério de risco aceitável, e a análise da árvore de falha reversa, como exemplificada no item 2.4.3, pode ser utilizada afim de estimar a nova probabilidade de falha para cada evento de base.

Os intervalos de manutenção que produzem a nova probabilidade de falha são então calculados.

Entretanto, também se pode observar como a manutenção é feita com vistas a reduzir a consequência da falha.

3.2.3 Técnicas de Análise de Manutenção

Para a adoção da manutenção baseada em risco, pode-se adotar uma ou a combinação das técnicas de manutenção listadas a seguir:

- Manutenção Centrada na Confiabilidade (*Reliability Centered Maintenance* - RCM);
- Análise de Modo e Efeito de Falha (*Failure Model and Effect Analysis* - FMEA);
- Análise de Árvore de Falhas (*Failure Tree Analysis* - FTA);

- Análise da Árvore de Eventos (*Event Tree Analysis* - ETA⁷);
- Análise da Falha Característica (*Failure Characteristic Analysis* - FCA⁸);
- Análise de Criticidade⁹.

A implantação da estratégia requer a compreensão dos seguintes conceitos:

- A importância da estratégia do ativo;
- o índice de utilização dos ativos;
- a Matriz de Criticidade (Risco).

Assim, a RBM é realizada como um esforço consciente, que exige uma abordagem altamente sofisticada, utilizando uma combinação de estratégias de manutenção, que empregadas nas tarefas de ativos, é potencializada pela Manutenção Baseada em Tempo (TBM) e a Manutenção Baseada em Condição (CBM).

Para tanto, a RBM utiliza os seguintes tipos de intervalos:

- . Flutuantes, onde a periodicidade é definida para atividades de manutenção por critérios de desempenho e não por medições de tempo;
- . variáveis, semelhante ao anterior, porém está relacionada a oscilações ao invés de valores fixos;
- . logarítmicos, sendo que um intervalo desta natureza representa um escalonamento (gradual ou rápido) na frequência de eventos durante a vida útil de um ativo ou no horizonte de planejamento.

⁷Técnica de modelagem lógica que explora as respostas através de um único evento de iniciação e estabelece um caminho para avaliar probabilidades dos resultados e análise global do sistema. Esta técnica de análise é usada para analisar os efeitos de funcionamento ou sistemas falhos, dado que um evento já ocorreu.

⁸Trata-se da investigação das características físicas de cada modo de falha.

⁹Consiste em identificar o impacto da indisponibilidade de equipamentos e sistemas industriais (ou demais eventos externos que afetam o processo) durante determinado período de tempo, observando as interações entre processos, modelos de confiabilidade, variações dos parâmetros e características operacionais de cada processo.

3.2.4 Matriz de Risco na RBM

A matriz de risco, como fora discutida no Capítulo II, mostra a distribuição do risco relacionado à classe específica de ativos dentro da empresa, sendo que o risco é apresentado como a relação entre a probabilidade de falha e as consequências da falha. O exemplo da TAB. 3.1 enriquece este conceito da engenharia de confiabilidade de sistemas.

Tabela 3.1 - Matriz de risco utilizada no código ASME SC6000

Severidade da consequência	Probabilidade do evento				
	10 ⁰ a 10 ⁻²		10 ⁻² a 10 ⁻⁴		
Categoria	Descrição	Frequente	Provável	Ocasional	Remoto
I	Catastrófica	1	1	2	3
II	Crítica	1	2	3	4
III	Marginal	2	3	4	5
IV	Negligenciável	3	4	5	6

Legenda: 1 - Alto risco; 2 - Médio risco; 3 - Baixo risco; 4, 5 e 6 - Risco tolerável.
Fonte: KHAN & HADDARA, 2004.

3.2.5 Vantagens e Desvantagens da Metodologia

A seguir estão listadas as vantagens da manutenção baseada no risco:

- a) Reconhece a realidade perene de ter que tomar decisões de alocação de recursos com orçamentos limitados;
- b) Define oportunidades para incrementar melhorias através da eliminação de tarefas de baixo valor e a introdução de tarefas que abordam áreas de alto risco comercial.

No entanto, como desvantagem da manutenção baseada no risco, exige uma equipe altamente especialista que pode quantificar os riscos em diferentes tarefas.

CAPÍTULO IV

ESTUDO DE CASO

4.1 DESENVOLVIMENTO DO MODELO

Conforme apresentado na proposta do Capítulo I, através da FIG. 1.5, denominada de avaliação do risco dinâmico, o modelo tem como premissa utilizar o valor do risco de falha do equipamento como direcionador para uma estratégia de melhoria. Entretanto, nesta proposta, o cálculo do risco utilizará dados contínuos de manutenção e processo para atualizar seu valor, tornando-se um cálculo de risco dinâmico, que tem como base o cálculo do risco obtido com dados históricos de manutenção e processo, bem como sua consequência.

Assim, este modelo de Manutenção Baseada no Risco, utiliza também as premissas de Manutenção Baseada em Condição para atualizar o valor do risco.

A seguir são apresentadas as etapas de desenvolvimento do modelo:

- Passo 1: Definição do escopo;
- Passo 2: Hierarquização do escopo utilizando FTA;
- Passo 3: Cálculo da probabilidade de falha (PoF);
- Passo 4: Cálculo da consequência de falha (CoF);
- Passo 4.1: FMEA;
- Passo 5: Cálculo do risco;
- Passo 5.1: Intensificadores;
- Passo 6: Comparação entre o risco dinâmico e o risco tolerável.

4.2 ESCOPO

O modelo matemático do cálculo do risco dinâmico utilizará como base de dados o histórico de falhas obtido do banco de dados do SAP R/3¹⁰ e de dados de processo, apresentados nas Tabelas A.1 (notas de manutenção), A.2 (dados e *SET POINTS* dos instrumentos de processo), A.3 (relatórios de manutenção preditiva ligados à ferrografia) e A.4 (relatórios de manutenção preditiva ligados à análise de vibrações) do Apêndice A, para um sistema de compressão de gás de uma planta de tratamento de gás natural, entre as datas de 01/12/2010 e 30/10/2016 (2.161 dias). Os destaques dessas tabelas estão a seguir.

Figura 4.1 - Destaque da Tabela A.1

Data da nota	Descrição
04/12/2010	Completar nível de óleo M-C-1231001B
16/12/2010	M-C--1231001B Coleta / Análise água
20/12/2010	M-C-1231001A Limpeza skid / sanar vazam
20/12/2010	M-C-1231001C Limp skid / sanar vazam
21/12/2010	TI-1231622 - Completar Nível Glicerina.
21/12/2010	TI 1231634 - Completar Nível Glicerina.
22/12/2010	C-1231001A - Instalação de PI
22/12/2010	C-1231001C - Instalação de PI
30/12/2010	C-1231001A Reaperto parafusos compressor
31/12/2010	M-C-1231001C coleta/análise água e óleo
03/01/2011	M-C-1231001C completar nível de óleo
05/01/2011	C-1231001B Insp / Limp sistema óleo
05/01/2011	C-1231001B IHM com falha de comunicação
05/01/2011	C-1231001C Insp / Limp sistema óleo
07/01/2011	M-C-1231001B Completar nível óleo
10/01/2011	M-C-1231001A - Vazamento Bba Óleo Motor
11/01/2011	C1231001A - Troca módulo A/F do motor
19/01/2011	M-C-1231001C Completar nível óleo
21/01/2011	M-C-1231001B Completar nível óleo
29/01/2011	Substituir Bujão de PVC por bujão Ex-d
31/01/2011	TIT-1231609A Realizar Calibração
03/02/2011	EFETUAR TESTE ATERRAMENTO COMPR. VENDA B
05/02/2011	PSV1231605 (C-1231001A)
07/02/2011	C-1231001A Nível
07/02/2011	C-1231001B
09/02/2011	TIT-612

¹⁰É um sistema de informação corporativo na empresa, projetado para coordenar todos os recursos, informações e atividades necessárias visando integrar através de módulos os processos que compõem os resultados do negócio.

Figura 4.2 - Destaque da Tabela A.2

ITEM	TAG	UNIDADE COMPRESSORA	SERVIÇO, LINHA OU EQUIPAMENTO	UNIDADE	SET POINT				TAXONOMIA (ISO 14224)
					LL	L	H	HH	
1	AIT-1231 601	A	Analizador de Oxigênio	%			4		1.2.13
2	AIT-1231 602	B	Analizador de Oxigênio	%			4		1.2.13
3	PDIT-1231 633	A	Pressão Diferencial no Filtro de óleo	Kgf/cm2			1		1.4.6
4	PDIT-1231 640	B	Pressão Diferencial no Filtro de óleo	Kgf/cm2			1		1.4.6
5	PDIT-1231 647	C	Pressão Diferencial no Filtro de Óleo	Kgf/cm2			1		1.4.6
6	PDIT-1231 680	A	Pressão Diferencial no Filtro de Óleo	Kgf/cm2			0,35		1.4.6
7	PIT-1231 601A	A	Transmissor de Pressão Entrada de Gás de Processo	Kgf/cm2g	62	64	71	74	1.6.2
8	PIT-1231 601B	A	Transmissor de Pressão Entrada de Gás de Processo	Kgf/cm2g	62	64	71	74	1.6.2
9	PIT-1231 604A	A	Transmissor de Pressão Saída de Gás de Processo	Kgf/cm2g					
10	PIT-1231 604B	A	Transmissor de Pressão Saída de Gás de Processo	Kgf/cm2g					

Figura 4.3 - Destaque da Tabela A.3

Nº Relatório	Máquina	Ponto de Coleta	Data da Coleta	Condição	Conclusões	Taxonomia ISO 14224
1411 - 59	C-1231001 C - COMPRESSOR DE VENDA C	SAP 951226 - DRENO	09/10/2014	ALERTA	Considerando-se a amostra como representativa, adotamos a condição "alerta". Os teores de aditivos, apesar de estáveis, diferem do esperado para o LUBRAX-TURBINA-150 dito como em uso, além disso, o resultado de TAN (acidez) apresentou aumento e requer atenção. Recomendamos investigar as possíveis causas para o aumento do TAN e para o comportamento dos aditivos (reposição e/ou contaminação com outro lubrificante ??). Ao enviar a próxima amostra, fornecer informações.	1
1411 - 52	C-1231001 A - COMPRESSOR DE VENDA A	SAP 951222 - DRENO	10/10/2014	ALERTA	Considerando-se a amostra como representativa, adotamos a condição "alerta". Os teores de aditivos, apesar de estáveis, diferem do esperado para o LUBRAX-TURBINA-150 dito como em uso, além disso, o resultado de TAN (acidez) apresentou aumento e requer atenção. Recomendamos investigar as possíveis causas para o aumento do TAN e para o comportamento dos aditivos (reposição e/ou contaminação com outro lubrificante ??). Ao enviar a próxima amostra, fornecer informações.	1
1411 - 50	M-C-1231001 A - MOTOR CP DE VENDA A	SAP 951275 - DRENO	16/10/2014	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1412 - 1207	M-C-1231001 C - MOTOR CP DE VENDA C	SAP 951277 - DRENO	26/11/2014	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios. Nota: realizamos o ensaio de TAN (Teor de acidez) conforme solicitado, contudo, recomendamos para as próximas amostras, substituí-lo pelo ensaio de Infravermelho.	
1412 - 1204	C-1231001 C - COMPRESSOR DE VENDA C	SAP 951226 - DRENO	26/11/2014	ALERTA	Considerando-se a amostra como representativa, admitimos os resultados como irregulares. Os resultados de ferrografia (concentração total de partículas L+S) estão dentro do esperado, contudo, o TAN (Teor de acidez) e os teores de aditivos, não condizem com o lubrificante informado, LUBRAX-TURBINA-150. Solicitamos confirmar o nome do óleo em uso para melhores diagnósticos. Se possível, enviar amostra de óleo novo, sem uso, colhida da embalagem original para ensaios de comparação.	1
-	C-1231001 C - COMPRESSOR DE VENDA C	-	02/02/2015	ALERTA	Considerando-se a amostra como representativa, admitimos os resultados como irregulares. Os resultados de ferrografia (concentração total de partículas L+S) estão dentro do esperado, contudo, o TAN (Teor de acidez) e os teores de aditivos, não condizem com o lubrificante informado, LUBRAX-TURBINA-150. Solicitamos confirmar o nome do óleo em uso para melhores diagnósticos. Se possível, enviar amostra de óleo novo, sem uso, colhida da embalagem original para ensaios de comparação.	

Figura 4.4 - Destaque da Tabela A.4

Máquina	Unidade Compressora	Data do Registro	Local da Medição	Condição	Taxonomia ISO 14224
C-1231001 A	A	12/04/2011	Medição realizada na placa de fixação dos sensores de vibração do Compressor	ELEVADO	1
M-C-1231001A	A	13/05/2011	Cilindros de compressão	ALERTA	2
M-C-1231001B	B	13/05/2011	Cilindros de compressão	ALERTA	2
C-1231001 A	A	06/03/2012	-	ALERTA	1
M-P-C-1231001A-02A/B	A	03/04/2012	-	CRITICO	1
M-B C-1231001A-02A	A	03/04/2012	-	ALERTA	1
M-P-C-1231001A-03	A	03/04/2012	-	CRITICO	1
B-C-1231001A-01A	A	03/04/2012	BOMBA 3 H-A	ALERTA	1
B-C-1231001A-01A	A	03/04/2012	BOMBA 3 H-E F3	ALERTA	1
B-C-1231001A-01A	A	03/04/2012	BOMBA 4 H-A	ALERTA	1
B-C-1231001A-01A	A	03/04/2012	BOMBA 4 H-E F3	ALERTA	1
M-B-C-1231001B-02B	B	03/05/2012	-		
M-P-C-1231001B-02A/B	B	03/05/2012	-		
M-P-C-1231001C-02A/B	C	03/05/2012	-		

4.2.1 Dados Operacionais

O ciclo de operação do sistema de compressão durante esse período está demonstrado na FIG. A.1 do Apêndice A, onde é importante informar que os dados são oriundos do PI (*software do Plant Information*¹¹).

No PI foi pego um medidor de vazão de cada compressor e de acordo com o funcionamento, sendo lançado no Excel o regime de operação (0, 2 e 4 => compressor fora ou desligado e 1, 3 e 5 => compressor dentro ou ligado). Neste *software* de consulta dispomos da data, horário e valor da vazão medida.

Na continuação, a TAB. 4.1 apresenta os resultados encontrados para o MTBF, MTTR e de Disponibilidade de acordo com a performance e dados nos moto-compressores.

Tabela 4.1 - Valores de MTBF, MTTR e disponibilidade dos moto-compressores

		Moto-compressor A	Moto-compressor B	Moto-compressor C
MTBF	dias	15,078413	16,192527	16,624525
MTTR	dias	4,971963	5,648780	5,950739
Disponibilidade	%	75,202646	74,137169	73,640446

A seguir, demonstro na TAB. 4.2, os dados de Weibull dos 3 conjuntos (A, B e C) no período global de estudo, entre 2010 e 2016.

Tabela 4.2 - Dados de Weibull dos 3 moto-compressores para o período 2010 a 2016

Período 2010-2016 (global)					
Conjunto \ Parâmetros	β	η	R^2	Quantidade de Falhas	MTTF (dias)
A	0,999255	12,929782	0,961242	214	10,10645
B	0,960357	14,127639	0,960903	205	10,543747
C	1,072437	15,4289	0,976551	203	10,673786

Retornando à FIG. 2.6, os eventos de falhas, alarmes, intertravamentos e manutenção preditiva que ocorreram na região de quebra prematura (zona de

¹¹O Plant Information é um software que apresenta dados operacionais da planta de processamento de gás natural, na forma gráfica e analítica.

mortalidade infantil) foram considerados, porém, a idéia é de se trabalhar com os dados obtidos na região de quebra em vida útil, onde a faixa da taxa de falhas (λ) é teoricamente constante.

Assim sendo, pelos valores numéricos encontrados para o parâmetro β , os moto-compressores em estudo se enquadram nesse critério de aproximação.

4.3 HIERARQUIZAÇÃO DOS DADOS

A hierarquização dos dados de manutenção e processo, é baseada nos conceitos da FTA e adota a mesma sequência utilizada nos componentes da taxonomia padrão da norma ABNT NBR ISO 14224 (2011) para um sistema de moto-compressão demonstrada na FIG. A.2 do Apêndice A, conforme o exemplo da FIG. 4.5 ou didaticamente falando através da FIG. 4.6, respectivamente.

Figura 4.5 - Hierarquia de níveis

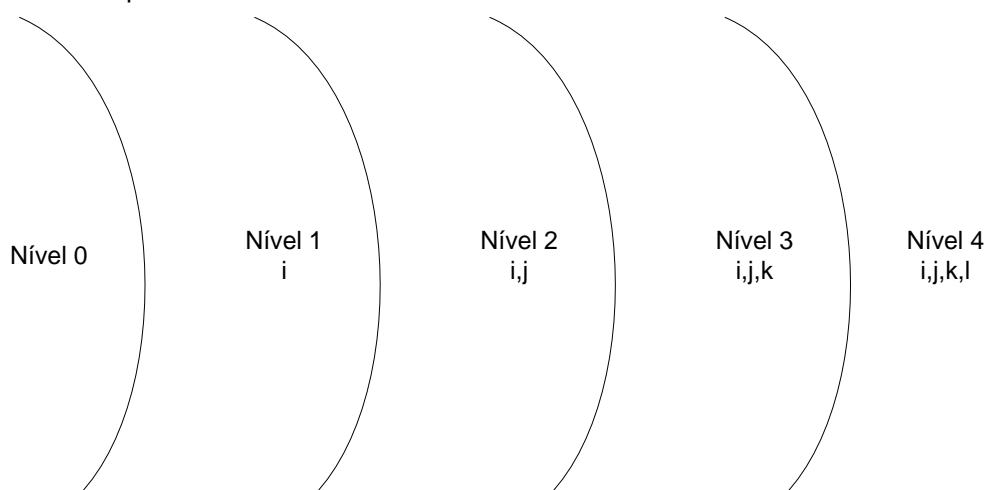
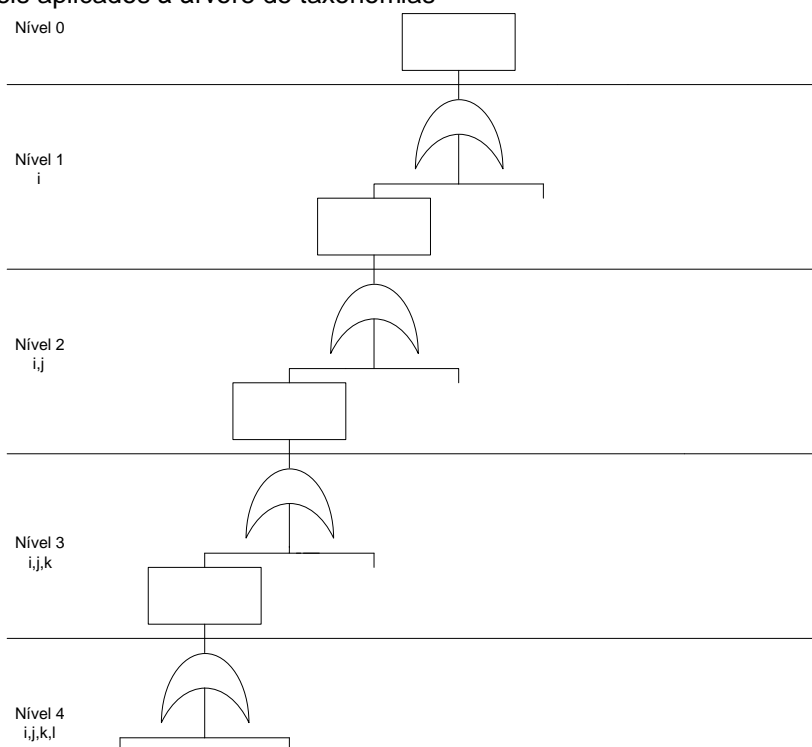


Figura 4.6 - Níveis aplicados à árvore de taxonomias



4.4 OBTENÇÃO DA PROBABILIDADE DE FALHA

As falhas foram levantadas e categorizadas conforme as TAB. A.5 e A.6 do Apêndice A, que representam o agrupamento do histórico de falhas por equipamentos para o compressor e para o motor a gás, no sistema de compressão.

A interpretação da falha para a quantificação dos eventos, é baseada nos mecanismos de falha previstos na ABNT NBR ISO 14224 (2011), referindo-se à taxonomia no 3º nível. Sendo que aqui temos agrupadas as falhas tanto encontradas no SAP R/3 como nas inspeções (indicadas na FIG. 4.12).

Classificando-se pelos modos de falha mencionados no OREDA (2002), mostra-se a taxonomia de falha que é o equivalente ao 4º nível. Esta referência e literatura apresenta dados seguros e revisados de confiabilidade em uma ampla gama de equipamentos utilizados na exploração e na produção de petróleo e gás.

Desta forma, nas TAB. A.7 e A.8 do Apêndice A, tem-se o quantitativo de eventos de falha do compressor e do motor a gás, respectivamente, contabilizados por modo de falha.

Figura 4.7 - Destaque da Tabela A.5 para itens do compressor

Árvore (equipamento - sistema - subsistema)	Taxonomia	Falha (equipamento - sistema - subsistema - falha)	Taxonomia da Falha	Qnt. de Eventos	Nível i,j,k	Nível i,j	Nível i	Classificação (OREDA)
Compressor - Transmissão de força - Acoplamento do lado acionador	1.1.3	Compressor - Transmissão de força - Acoplamento do lado acionador - Deficiência Estrutural	1.1.3.3	1	1	1	32	STD
Compressor - Unidade compressora - Mancal radial	1.2.5	Compressor - Unidade compressora - Mancal radial - Avaria	1.2.5.1	1	1	21		BRD
Compressor - Unidade compressora - Válvulas	1.2.9	Compressor - Unidade compressora - Válvulas - Avaria	1.2.9.2	6	3			BRD
Compressor - Unidade compressora - Válvulas	1.2.9	Compressor - Unidade compressora - Válvulas - Vazamento Externo (Processo)	1.2.9.3	1				ELP
Compressor - Unidade compressora - Válvulas	1.2.9	Compressor - Unidade compressora - Válvulas - Ruído	1.2.9.5	3				NOI
Compressor - Unidade compressora - Válvulas	1.2.9	Compressor - Unidade compressora - Válvulas - Desvio de Parâmetros	1.2.9.6	11				PDE
Compressor - Unidade compressora - Pistão	1.2.11	Compressor - Unidade compressora - Pistão - Avaria	1.2.11.1	1	1			
Compressor - Unidade compressora - Camisa do cilindro	1.2.12	Compressor - Unidade compressora - Camisa do cilindro - Vazamento Interno						

Figura 4.8 - Destaque da Tabela A.7 para os compressores

Lista de modos de falha			Quantidade de eventos			
			Conjunto 3 compressores	Compressor A	Compressor B	Compressor C
AIR	Abnormal instrument reading	AIR - Leitura Anormal de Instrumentos	4	2	1	1
BRD	Breakdown	BRD - Avaria	10	6	3	1
ERO	Erratic output	ERO - Saída Irregular	0	0	0	0
ELP	External Leakage - Process Medium	ELP - Vazamento Externo - Processo	31	9	10	12
ELU	External Leakage - Utility Medium	ELU - Vazamento Externo - Utilitários	48	16	13	19
FTS	Fail to Start on Demand	FTS - Falha na Partida	0	0	0	0
STP	Fail to Stop on Demand	STP - Falha na Parada	0	0	0	0
HIO	High Output	HIO - Dados de Saída Elevados	0			
INL	Internal Leakage	INL - Vazamento Interno				

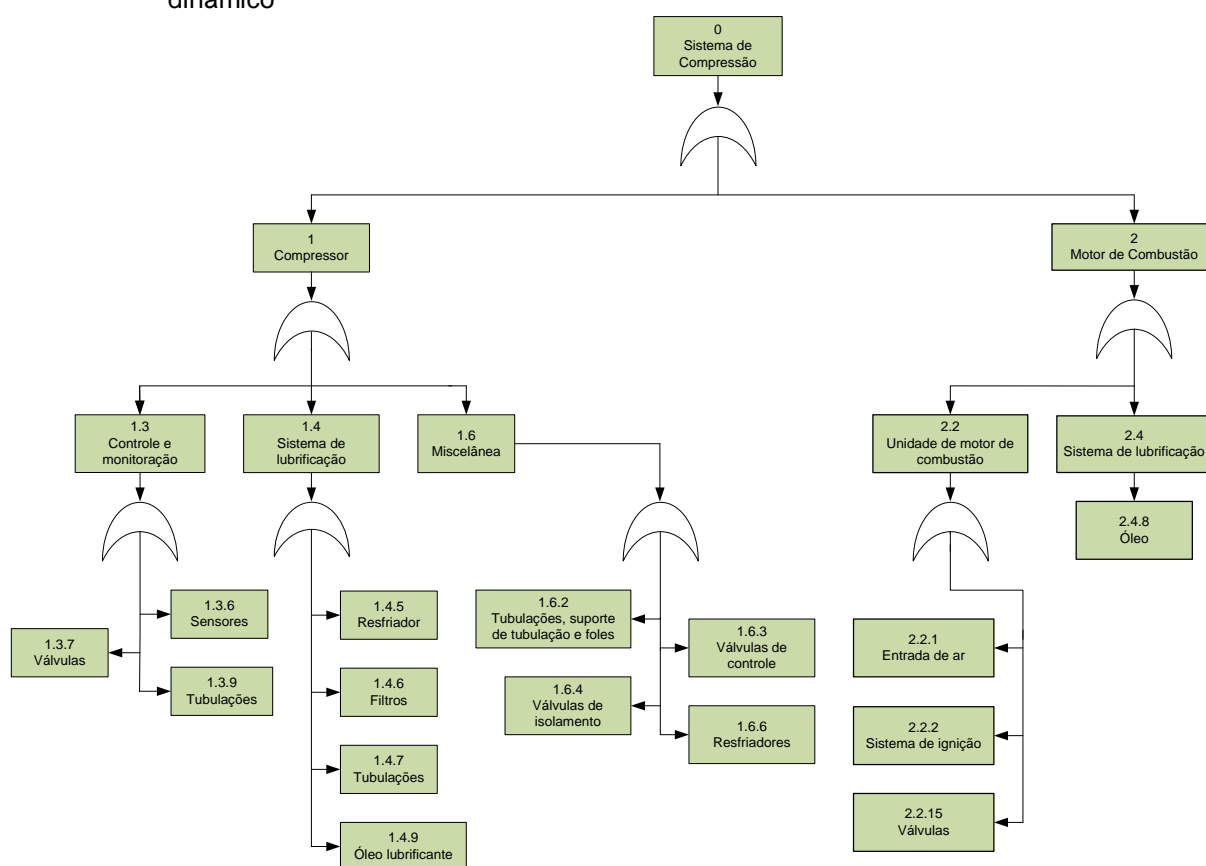
Já nas FIG. A.3, A.4 e A.5 do Apêndice A, são apresentadas a categorização dos dados de histórico de falhas por unidade de compressão, do período de 01/12/2010 a 30/10/2016, cujo agrupamento está de acordo com o que foi demonstrado anteriormente na TAB. A.1, até o terceiro subnível, onde há base significativa de informações.

Os eventos básicos, identificados por círculos no último subnível, foram considerados especificamente neste trabalho, para o número de falhas igual ou superior a quatro. Esta seleção se fez necessária para viabilizar a regressão dos

dados de falha utilizando a distribuição Weibull, que demanda experimentalmente pelo menos quatro eventos de falha.

Assim sendo, as FIG. A.6, A.7 e A.8 do Apêndice A, ilustram as árvores de taxonomias consideradas válidas dos moto-compressores A, B e C para o estudo de caso analisado, como mostra o exemplo da FIG. 4.9.

Figura 4.9 - Árvore de taxonomias do moto-compressor C para o algebrismo no cálculo do risco dinâmico



Baseado nestas e no período considerado/informado, foram obtidos os resultados numéricos dos parâmetros η e β , de acordo com os dados de manutenção regredidos pela distribuição Weibull, pelo pacote ReliaSoft Synthesis 9 Launcher através do *software* na versão Weibull++9, utilizando-se o método de máxima verossimilhança (MLE).

O método MLE foi adotado neste estudo de caso por apresentar bancos de dados com variados tipos de informações, numa alta quantidade de dados de tempos até falhas e de tempos até inspeções.

Assim, calcula-se os valores da probabilidade de falha, PoF , utilizando a correlação de Weibull para cada componente no sistema de compressão até o nível obtido a partir da regressão dos dados históricos de manutenção, empregando-se a Equação (2.14), tendo em vista a sequência dos intervalos de tempo em que o grupo de equipamentos operou sem tempos mortos, ou seja, quando o equipamento está em operação.

Além disso, o incremento do PoF somente ocorre quando a máquina está realmente operando, ou seja, se estiver parada, o valor do PoF remanescente se mantém estável.

Outra coisa a adicionar, é que não estamos considerando a situação onde o equipamento em *stand by* apresentou falha parado, até porque nas informações provenientes de histórico de falhas nas ordens de serviços (notas de manutenção) coletadas no SAP R/3, isto não está claro.

4.4.1 Influência da Manutenção Preventiva no Comportamento da Curva do $PoF(t)$

É importante frisar que as manutenções preventivas alteram a curvatura e tendência do PoF (THOM, 2003) em cada equipamento que foi mantido, assim sendo, a frequência de intervenções é utilizada juntamente com os dados de falhas na tabela do $PoF(t)$ em Excel (um exemplo do emprego da rotina está apresentado no Apêndice E).

No Apêndice A, dispomos do banco de dados do SAP R/3 com o histórico de manutenções preventivas que é mostrado através da TAB. A.21, enquanto que as frequências das manutenções preventivas e as taxonomias por elas afetadas encontram-se das TAB. A.22 até A.27, para o compressor e motor a gás respectivos, dentro de cada unidade de compressão.

Visando-se uma melhor compreensão desta questão, os detalhamentos de serviços dos planos de manutenção para 8.000 hs estão demonstrados no Apêndice B.

4.4.2 Definição da Equação do $PoF(t)$

Adaptado de KHAN & HADDARA (2003), a equação a seguir define o cálculo do $PoF(t)$ através das probabilidades de falha indexados pelas taxonomias, ou seja:

$$PoF(t) = [PoF_{i,j,k}(t)] \dots \dots \dots (4.1)$$

4.4.3 Regressão de Dados de Manutenção

Os dados de eventos de falha são oriundos do sistema SAP R/3. Eles são indexados pelos componentes i,j,k da árvore de taxonomias e estão apresentados na TAB. A.1 do Apêndice A; como já mencionado, estes dados influenciam os cálculos dos parâmetros η e β da função Weibull.

A regressão de dados de manutenção utilizada neste estudo de caso consiste na obtenção da probabilidade de falha, $PoF(t)$, de acordo com o esquemático apresentado na FIG. 4.10, que demonstra a metodologia numérica empregada para o cálculo do $PoF(t)$, onde, o banco de dados do SAP R/3 com o histórico de notas de falhas e de serviços está na tabela em epígrafe, de forma que também estão disponibilizados a data e os eventos de cada falha ou serviço executado nos 3 moto-compressores.

Acrescento que as quantidades de falhas, as respectivas taxonomias e classificação OREDA estão mostradas nas TAB. A.5, A.6 e A.11 a A.16 do Apêndice A, onde os dados são oriundos do SAP R/3.

As TAB. A.5 e A.6, como já explicado, têm como base os dados agrupados dos 3 conjuntos de moto-compressores. As TAB. A.11 e A.12 são apenas do conjunto A, A.13 e A.14 são do B e A.15 e A.16 do C. Na prossecução, a FIG. 4.11 apresenta o destaque da TAB. A.11.

Figura 4.10 - Metodologia numérica para a obtenção do $PoF(t)$

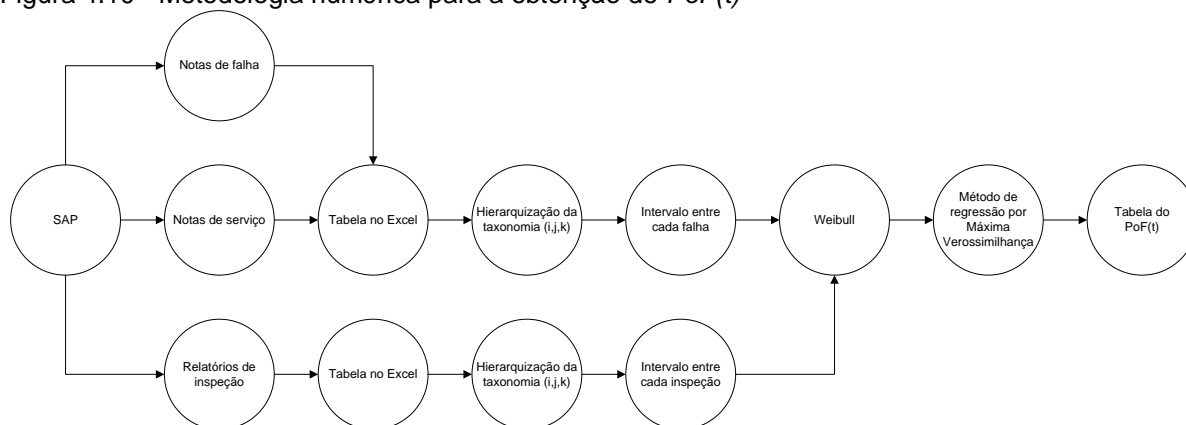


Figura 4.11 - Destaque da Tabela A.11

Árvore (equipamento - sistema - subsistema)	Taxonomia	Falha (equipamento - sistema - subsistema - falha)	Taxonomia da Falha	Qnt. de Eventos	Nível i,j,k	Nível i,j	Nível i	Classificação (OREDA)
Compressor - Unidade compressora - Mancal radial	1.2.5	Compressor - Unidade compressora - Mancal radial - Avaria	1.2.5.1	1	1	16		BRD
Compressor - Unidade compressora - Válvulas	1.2.9	Compressor - Unidade compressora - Válvulas - Avaria	1.2.9.2	4	10			BRD
Compressor - Unidade compressora - Válvulas	1.2.9	Compressor - Unidade compressora - Válvulas - Ruído	1.2.9.5	2				NOI
Compressor - Unidade compressora - Válvulas	1.2.9	Compressor - Unidade compressora - Válvulas - Desvio de Parâmetros	1.2.9.6	4				PDE
Compressor - Unidade compressora - Camisa do cilindro	1.2.12	Compressor - Unidade compressora - Camisa do cilindro - Vazamento Interno	1.2.12.2	1				1
Compressor - Unidade compressora - Engaxetamento	1.2.13	Compressor - Unidade compressora - Engaxetamento - Vazamento Externo (Utilitários)	1.2.13.1	4	4			ELU
Compressor - Controle e monitoração - Monitoração	1.3.5	Compressor - Controle e monitoração - Monitoração - Leitura Anormal de Instrumentos	1.3.5.1	2	2			
Compressor - Controle e monitoração - Sensores	1.3.6	Compressor - Controle e monitoração - Sensores - Desvio de Parâmetros						

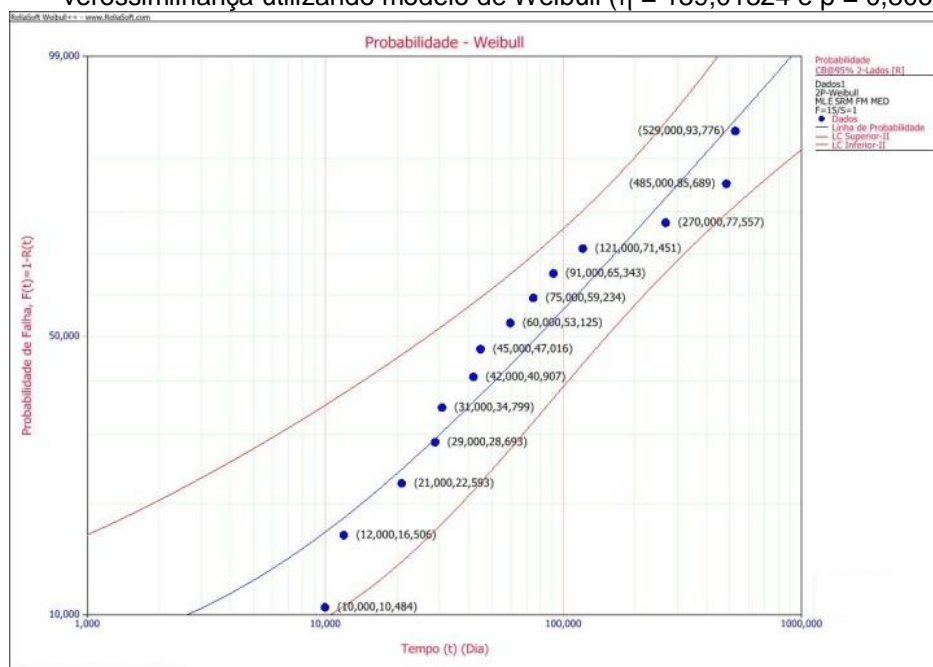
Os relatórios de inspeção dos equipamentos que apresentaram algum evento de falha, não são lançados como nota ZF (nota de falhas) ou ZS (nota de serviços) no banco de dados do SAP R/3. Na TAB. A.17 apresento esses quantitativos por taxonomia de falha.

Figura 4.12 - Destaque da Tabela A.17

Data	Equipamento	Falha (equipamento - sistema - subsistema)	Taxonomia da falha	Quantidade
10/12/2011	A	Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles	1.6.2	5
15/12/2011		Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles	1.6.2	
20/12/2011		Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles	1.6.2	
10/03/2012		Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles	1.6.2	
20/03/2012		Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles	1.6.2	
07/11/2011		Compressor - Controle e monitoração - Sensores	1.3.6	
07/11/2011		Compressor - Controle e monitoração - Sensores	1.3.6	
07/11/2011		Compressor - Controle e monitoração - Tubulações	1.3.9	
07/11/2011		Compressor - Sistema de lubrificação - Válvulas	1.4.8	
07/11/2011		Compressor - Sistema de lubrificação - Tubulações		
05/12/2011		Compressor - Miscelânea - Tubulações		

Assim, as árvores de taxonomias por moto-compressores, demonstram também o somatório das falhas por taxonomia nos referidos níveis, considerando-se as TAB. A.11 a A.16 (dados do SAP R/3) e a TAB. A.17 (dados de inspeção).

Após as análises desses dados, foi utilizado o *software* Weibull, através do método de regressão por máxima verossimilhança (MLE), para se obter os valores de η e β da distribuição, no período de operação considerado, conforme proposto no item 2.4.1.1, a exemplo da regressão da taxonomia 1.6.2 C na FIG. 4.13.

Figura 4.13 - Exemplo de regressão de dados de falhas da taxonomia 1.6.2 C por máxima verossimilhança utilizando modelo de Weibull ($\eta = 139,01324$ e $\beta = 0,806672$)

4.5 OBTENÇÃO DA CONSEQUÊNCIA DE FALHA

A consequência de falha é obtida através de método semi-quantitativo. Na categorização da consequência da falha, foi utilizada a norma da Petrobras PG-1E1-00425-0 (2009), que é aplicada/dedicada à inspeção de dutos, como referência e adaptação para este trabalho.

Esta literatura orienta associar uma quantidade através de um peso ou valor de acordo com o grau de criticidade do aspecto ou da descrição da consequência da falha, considerando seus resultados no lucro cessante, ao meio ambiente e à segurança.

O detalhamento empírico do valor dos fatores é apresentado na TAB. 4.3.

Tabela 4.3 - Categorização da consequência da falha

Índice de Consequência de Falha (CoF)	Aspecto/Descrição		Fator	Peso Equivalente
VI	Segurança	Trecho de duto junto a uma instalação ou área densamente habitada, onde acidentes associados ao seu conteúdo, volume e posição, podem levar à ocorrência súbita de fogo/explosão/intoxicação, com potencial de causar múltiplas fatalidades à população rotineiramente presente, ou local com classe de locação IV.	1	alto
	Meio-ambiente	Vazamentos podem causar danos severos em uma região de mananciais para abastecimento, incluindo áreas sensíveis.		
	Perda de produção	Superior a 25%da produção diária de uma Unidade de Negócios.		
V	Segurança	Trecho de duto junto a uma instalação ou área habitada, onde acidentes associados ao seu conteúdo, volume e posição, podem levar à ocorrência de fogo/explosão/intoxicação, com potencial de causar lesões graves ou possíveis fatalidades a um grupo restrito de pessoas, ou local com classe de locação III.	0,5	médio
	Meio-ambiente	Vazamentos podem causar danos severos em mais de uma área de mananciais para abastecimento.		
	Perda de produção	Entre 10%e 25%da produção diária de uma Unidade de Negócios.		
IV	Segurança	Trecho de duto junto a uma instalação ou área habitada, onde acidentes associados ao seu conteúdo, volume e posição, podem causar lesões de gravidade moderada à população presente, ou local com classe de locação II.	0,5	médio
	Meio-ambiente	Vazamentos podem causar danos severos em uma área restrita.		
	Perda de produção	Entre 5%e 10%da produção diária de uma Unidade de Negócios.		
III	Segurança	Trecho de duto próximo de uma instalação ou área habitada, onde eventuais acidentes, podem causar lesões leves as pessoas da instalação ou área habitada, mas que não atinge a classe de locação II.	0,5	médio
	Meio-ambiente	Vazamentos podem causar danos moderados em uma área restrita.		
	Perda de produção	Entre 1%e 5%da produção diária de uma Unidade de Negócios.		
II	Segurança	Trecho de duto próximo de uma instalação ou de área habitada, onde, a partir de eventuais acidentes, não seriam esperadas lesões ou, no máximo, casos de primeiros socorros (sem afastamento) ou local com classe de locação I.	0,1	baixo
	Meio-ambiente	Vazamentos podem causar danos leves ou insignificantes em uma área restrita.		
	Perda de produção	Entre 0,1%e 1%da produção diária de uma Unidade de Negócios.		
I	Segurança	Trecho de duto distante de uma instalação, onde eventuais acidentes não teriam qualquer impacto às pessoas das instalações mais próximas ou pessoas de uma área habitada.	0,1	baixo
	Meio-ambiente	Vazamentos não teriam repercussão ambiental mensurável.		
	Perda de produção	Inferior a 0,1%da produção diária de uma Unidade de Negócios.		

Fonte: PG-1E1-00425-0, 2009.

Segundo a ABNT NBR 12712 (1993), a classe de locação citada nos aspectos de segurança é o critério para a classificação de uma área geográfica de acordo com sua densidade populacional aproximada, e em função da quantidade de construções

para ocupação humana localizadas nesta área. A classe de locação serve para propósitos de projeto, construção e operação.

Assim sendo, para cada modo de falha dos itens de uma FMEA, pode-se definir de modo qualitativo os efeitos, atribuindo aos mesmos, valores para viabilizar o cálculo quantitativo da consequência de falha, CoF, onde temos:

- Efeito de lucro cessante;
- Efeito de segurança;
- Efeito de meio ambiente.

É importante citar aqui, que norma é um ponto de partida e cada empresa pode fazer/desenvolver o seu padrão de acordo com a realidade ou segmento onde atua.

4.5.1 FMEA

Atendendo a hierarquização do sistema de moto-compressão, foi elaborada sua respectiva FMEA e seus modos de falha para cada taxonomia, conforme a classe do OREDA (2002), apresentado através das TAB. A.9 e A.10 do Apêndice A, com um dos destaques na sequência.

Figura 4.14 - Destaque da Tabela A.9 referente ao compressor

Subsistema	Equipamento	Componente	Modo de Falha	Classe (OREDA)	Efeitos Potenciais de Falha				Causas Potenciais / Mecanismos de Falha	Ações Recomendadas	
					Operacional	Não Operacional (CoF)					
						Segurança	Ambiental	Financeira			
1. Compressor	1.1 Transmissão de força	1.1.1 Caixa de engrenagem / variador de velocidade	Avaria	BRD	Equipamento não funciona	0,1	0,1	0,5	Danificado	Inspeção visual	
			Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento de óleo	Inspeção visual	
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Grimpamento ou desalinhamento	Inspeção visual	
			Superaquecimento	CHE	Queda de Rendimento	0,1	0,1	0,5	Grimpamento	Manutenção detectiva	
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual	
			Vibração	VIB	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Medição de análise de vibrações e inspeção visual	
		1.1.2 Mancais	Avaria	BRD	Mancal inoperante	0,1	0,1	0,5	Danificado	Inspeção visual	
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Grimpamento ou desalinhamento	Inspeção visual	
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual	
		1.1.3 Acoplamento do lado acionador	Vibração	VIB	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Medição de análise de vibrações e inspeção visual	
			Avaria	BRD	Não transmissão de movimento	0,1	0,1	0,5	Danificado	Inspeção visual	
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Grimpamento	Inspeção visual	
					Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1			
					Vibração	VIB	Queda de rendimento	0,1			

Cabe acrescentar que as FMEA's demonstram os efeitos potenciais de falha operacional e não operacional, sendo que esta se subdivide em valores qualitativos ligados a segurança, ambiental e lucro cessante (financeiro), as causas potenciais ou mecanismos de falha, e as ações recomendadas de inspeção e de manutenção para a correção de cada modo de falha nos equipamentos citados de acordo com a taxonomia da ABNT NBR ISO 14224 (2011), para os componentes do compressor de ar e do motor a combustão. Por outro lado, a taxonomia define a posição dos indexadores i , j e k na árvore.

Então, os modos de falha que contribuem direta e indiretamente para o desarme da máquina, risco de segurança ou pessoas, de forma crítica, são selecionados qualitativamente. No entanto, para se ponderar de forma quantitativa, baseado nos critérios da TAB. 4.3, adotou-se que no caso do efeito não operacional apresentar um peso alto para o modo de falha, o seu valor será 1, no caso de um peso médio será 0,5 e finalmente no caso de um peso baixo será 0,1.

Ou seja, o valor numérico do $CoF_{i,j,k}$ será o maior valor de referência para os efeitos não operacionais relativos a segurança, meio ambiente e impacto financeiro (lucro cessante). Porém, quando temos mais de um modo de falha na mesma taxonomia, para o estabelecimento do $CoF_{i,j,k}$ no equipamento, é considerado o de maior valor.

4.6 INTENSIFICADORES

Para o tratamento das variáveis relacionadas às não conformidades do desempenho do equipamento e à instabilidade do processo, que provocam os ajustes que influenciam o risco dinâmico, foram criados os intensificadores que são números adimensionais descritos como segue.

4.6.1 Fator Intensificador do Evento de Alarme

Os dados de eventos de alarmes foram obtidos do PI, que é o *software* do *Plant Information* (ver exemplos de aplicação no Apêndice C), onde contempla todas as informações de operação momentânea dos sistemas da planta de processo na unidade de tratamento de gás.

Os alarmes dos instrumentos que monitoram os moto-compressores são considerados como indicadores de instabilidade de processo, problemas de manutenção e de falhas futuras, sendo calculadas as intensidades dos alarmes como um fator intensificador do risco dinâmico.

Como mostrado anteriormente no item 3.1.4, os alarmes dos instrumentos podem ter patamares classificados em limite superior (H) e limite inferior (L). Assim como em intertravamento com limite superior (HH) e intertravamento com limite inferior (LL).

O autor deste trabalho para obter os valores numéricos dos intensificadores de processo, propõe uma metodologia que utiliza os cálculos das intensidades com base nos alarmes de limite superior (H) e inferior (L), que é dado da seguinte forma:

a) Limites superiores

$$I_A = \left(\frac{REAL}{SET_H} \right) \dots \dots \dots (4.2)$$

Logo, sendo $I_{A_{i,j,k}}$ o intensificador de alarmes, cujos valores de I_A estão indexados pelos componentes i,j,k das taxonomias presentes na árvore (hierarquização), onde os critérios de quantificação são os seguintes:

- O valor é máximo para $I_{A_{i,j,k}} = I_A$ quando $I_A > 1$ e $SET_H \leq REAL < SET_{HH}$ (nos instrumentos sujeitos a intertravamentos), ou seja, o instrumento alarmou pois o

valor medido ultrapassou o SET_H . Este critério só vale para os limites superiores de H ;

- O valor é mínimo para $I_{A_{i,j,k}} = 1$ quando $I_A \leq 1$, ou seja, o instrumento não alarmou pois o valor medido não atingiu o SET_H . Este critério só vale para os limites superiores de H .

Cabe acrescentar ainda que quando não há instrumento de medição no equipamento que apresentou falhas, o valor torna-se $I_{A_{i,j,k}} = 1$.

b) Limites inferiores

$$I_A = \left(\frac{SET_L}{REAL} \right) \dots \dots \dots (4.3)$$

Onde,

- O valor é máximo para $I_{A_{i,j,k}} = I_A$ quando $I_A > 1$ e $SET_{LL} < REAL \leq SET_L$ (nos instrumentos sujeitos a intertravamentos), ou seja, o instrumento alarmou pois o valor medido ultrapassou o SET_L . Este critério só vale para os limites inferiores de L ;
- O valor é mínimo para $I_{A_{i,j,k}} = 1$ quando $I_A \leq 1$, ou seja, o instrumento não alarmou pois o valor medido não atingiu o SET_L . Este critério só vale para os limites inferiores de L .

Os valores dos $SET POINTS$ (H, L) são apresentados na TAB. A.2 do Apêndice A através dos dados dos instrumentos de processo.

De uma forma mais didática, a TAB. 4.4, desenvolvida pelo autor deste trabalho, refere-se resumidamente aos condicionantes para os limites de alarmes.

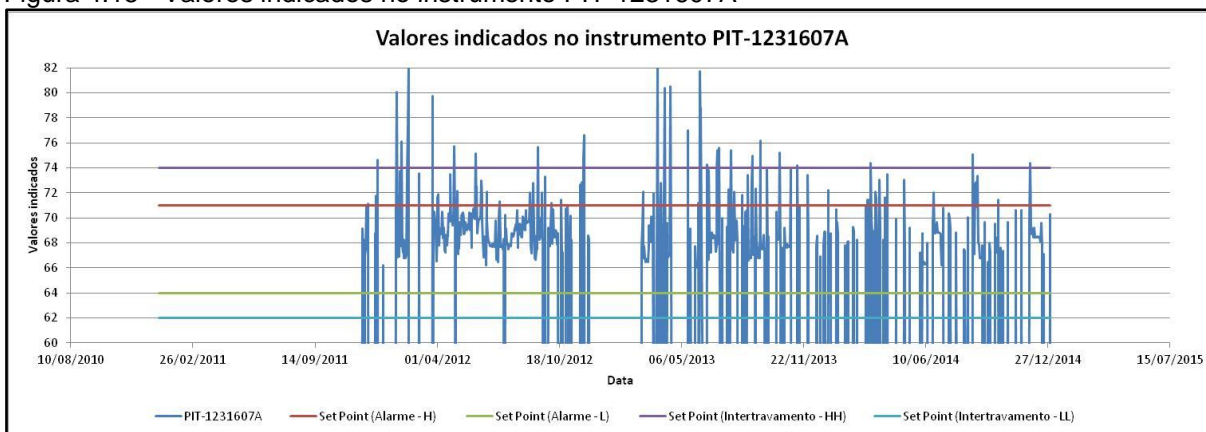
Tabela 4.4 - Condicionantes para os limites de alarmes

		VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO	CONDICIONANTE	OBSERVAÇÕES
LIMITES SUPERIORES	$I_A = \left(\frac{REAL}{SET_H} \right)$	$I_{A_{i,j,k}} = I_A$		$I_A > 1$ e $SET_H \leq REAL < SET_{HH}$	Para instrumentos sujeitos a intertravamentos, ou seja, o instrumento alarmou pois o valor medido ultrapassou o SET_H . Este critério só vale para os limites superiores de H .
			$I_{A_{i,j,k}} = 1$	$I_A \leq 1$	O instrumento não alarmou pois o valor medido não atingiu o SET_H . Este critério só vale para os limites superiores de H .
		VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO	CONDICIONANTE	OBSERVAÇÕES
LIMITES INFERIORES	$I_A = \left(\frac{SET_L}{REAL} \right)$	$I_{A_{i,j,k}} = I_A$		$I_A > 1$ e $SET_{LL} < REAL \leq SET_L$	Para instrumentos sujeitos a intertravamentos, ou seja, o instrumento alarmou pois o valor medido ultrapassou o SET_L . Este critério só vale para os limites inferiores de L .
			$I_{A_{i,j,k}} = 1$	$I_A \leq 1$	O instrumento não alarmou pois o valor medido não atingiu o SET_L . Este critério só vale para os limites inferiores de L .

c) Exemplo

O gráfico a seguir mostra uma seleção dos valores indicados no PI para o instrumento PIT-1231607A, que é um transmissor indicador de pressão, onde pode-se observar os valores de $SET POINTS$ de H , L , HH e LL .

Figura 4.15 - Valores indicados no instrumento PIT-1231607A



Como exemplo da metodologia desenvolvida pelo autor, apresento a TAB. 4.5 para um espectro obtido aleatoriamente através do instrumento de medição PIT-1231607A.

Tabela 4.5 - Valores numéricos do intensificador de alarmes obtidos no instrumento PIT-1231607A

Data	Valor indicado	SET _H	SET _L	$I_A = \left(\frac{REAL}{SET_H} \right)$	$\left(\frac{REAL}{SET_H} \right) \leq 1 \Rightarrow 1$	$I_A = \left(\frac{SET_L}{REAL} \right)$	$\left(\frac{SET_L}{REAL} \right) \leq 1 \Rightarrow 1$
01/04/2012	69,18	71	64	0,97	1	sem efeito	sem efeito
02/04/2012	71,62	71	64	1,0087	1,0087	sem efeito	sem efeito
03/04/2012	71,89	71	64	1,0125	1,0125	sem efeito	sem efeito
04/04/2012	67,78	71	64	0,9546	1	sem efeito	sem efeito
...		
22/04/2012	70,8	71	64	0,9972	1	sem efeito	sem efeito
23/04/2012	73,5	71	64	1,0352	1,0352	sem efeito	sem efeito
24/04/2012	69,73	71	64	0,9821	1	sem efeito	sem efeito
...		
28/04/2012	70,2	71	64	0,9887	1	sem efeito	sem efeito
29/04/2012	73,18	71	64	1,0307	1,0307	sem efeito	sem efeito
30/04/2012	70,43	71	64	0,992	1	sem efeito	sem efeito
...		
03/05/2012	67,94	71	64	0,9569	1	sem efeito	sem efeito
04/05/2012	72,17	71	64	1,0165	1,0165	sem efeito	sem efeito
05/05/2012	67,1	71	64	0,9451	1	sem efeito	sem efeito

4.6.2 Fator Intensificador do Evento de Intertravamento

Os dados de eventos de intertravamentos são oriundos do PI, que é o *software* do *Plant Information*, onde contempla todas as informações de operação *online* dos sistemas da planta de processo na unidade de tratamento de gás.

Assim como os alarmes, os intertravamentos também são indicadores para a manutenção.

Os alarmes dos instrumentos que monitoram os moto-compressores são considerados como indicadores de instabilidade de processo, problemas de manutenção e de falhas futuras, sendo calculadas as intensidades dos intertravamentos como um fator intensificador do risco dinâmico.

Para se obter os valores numéricos dos intensificadores, utilizo os cálculos das intensidades dos intertravamentos de limite superior (HH) e inferior (LL) da seguinte maneira:

a) Limites superiores

$$I_l = \left(\frac{REAL}{SET_{HH}} \right) \dots\dots\dots(4.4)$$

Logo, sendo $I_{I_{i,j,k}}$ o intensificador de intertravamentos, cujos valores de I_l estão indexados pelos componentes i,j,k das taxonomias presentes na árvore (hierarquização), onde os critérios de quantificação são os seguintes:

- O valor é máximo para $I_{I_{i,j,k}} = I_l$ quando $I_l > 1$, ou seja, o instrumento atuou pois o valor medido ultrapassou o SET_{HH} . Este critério só vale para os limites superiores de HH ;
- O valor é mínimo para $I_{I_{i,j,k}} = 1$ quando $I_l \leq 1$, ou seja, o instrumento não atuou pois o valor medido não atingiu o SET_{HH} . Este critério só vale para os limites superiores de HH .

Cabe acrescentar ainda que quando não há instrumento no equipamento que apresentou falhas, o valor torna-se $I_{I_{i,j,k}} = 1$.

b) Limites inferiores

Os intertravamentos relacionados aos limites inferiores (LL) não foram considerados neste estudo, devido a impossibilidade de se retirar/filtrar os casos em que houve desligamento da máquina, desligamento do instrumento ou *by-pass (reset)* executado pelo operador.

Os valores dos *SET POINTS* (HH, LL), quando aplicáveis, são apresentados na TAB. A.2 do Apêndice A através dos dados dos instrumentos de processo.

De uma maneira mais didática, a TAB. 4.6 desenvolvida pelo autor, refere-se resumidamente aos condicionantes para os limites de intertravamentos.

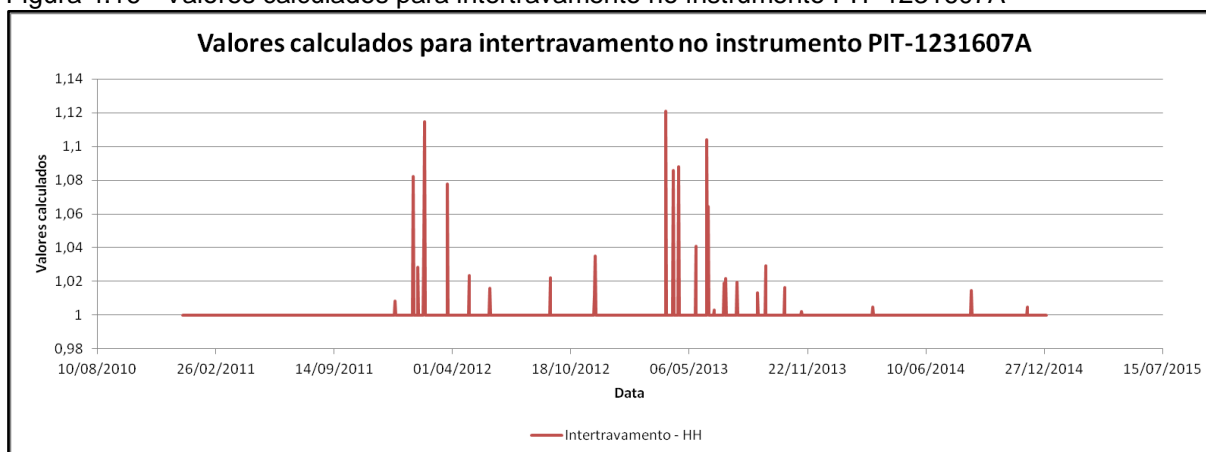
Tabela 4.6 - Condicionantes para os limites de intertravamentos

		VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO	CONDICIONANTE	OBSERVAÇÕES
LIMITES SUPERIORES	$I_I = \left(\frac{REAL}{SET_{HH}} \right)$	$I_{I_{i,j,k}} = I_I$		$I_I > 1$	O instrumento atuou pois o valor medido ultrapassou o SET_{HH} . Este critério só vale para os limites superiores de HH.
			$I_{I_{i,j,k}} = 1$	$I_I \leq 1$	O instrumento não atuou pois o valor medido não atingiu o SET_{HH} . Este critério só vale para os limites superiores de HH.

c) Exemplo

O gráfico a seguir demonstra os valores calculados em relação ao intertravamento do instrumento; obtenção do I_I e condicionantes no instrumento PIT-1231607A.

Figura 4.16 - Valores calculados para intertravamento no instrumento PIT-1231607A



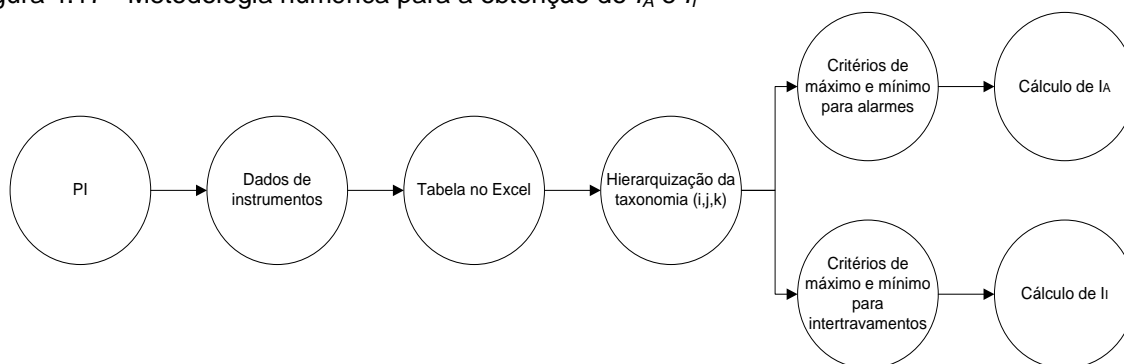
Desta forma mostro na TAB. 4.7, desenvolvida pelo autor, como exemplo aplicado na FIG. 4.16, considerando um período de tempo escolhido ao acaso.

Tabela 4.7 - Valores numéricos do intensificador de intertravamentos obtidos no instrumento PIT-1231607A

Data	Valor indicado	SET _{HH}	SET _{LL}	$I_I = \left(\frac{REAL}{SET_{HH}} \right)$	$\left(\frac{REAL}{SET_{HH}} \right) \leq 1 \Rightarrow 1$
30/01/2012	66,91	74	62	0,904	1
31/01/2012	73,73	74	62	0,996	1
01/02/2012	67,79	74	62	0,916	1
02/02/2012	67,77	74	62	0,916	1
03/02/2012	76,09	74	62	1,0282	1,0282
04/02/2012	67,74	74	62	0,915	1
...
11/02/2012	67,11	74	62	0,907	1
12/02/2012	73,65	74	62	0,995	1
13/02/2012	77,37	74	62	1,0455	1,0455
14/02/2012	82,5	74	62	1,1149	1,1149
15/02/2012	0,05	74	62	sem efeito	sem efeito

4.6.3 Regressão de Dados de Processo (Intensificadores)

A regressão de dados de processo utilizada neste estudo de caso consiste na obtenção dos intensificadores para alarmes, I_A , e dos intensificadores para intertravamentos, I_I , conforme a metodologia numérica descrita na FIG. 4.17, que é empregada para o cálculo do I_A e I_I . Os dados dos instrumentos, incluso os *SET POINTS*, são fornecidos pelo PI (*software do Plant Information*) e estão dispostos na TAB. A.2 do Apêndice A, assim como a hierarquização das taxonomias, contemplando os 3 moto-compressores.

Figura 4.17 - Metodologia numérica para a obtenção do I_A e I_I 

No Apêndice D está descrito a programação em VBA¹² (*Visual Basic for Applications*) utilizada no Excel para auxiliar no tratamento dos dados coletados focando alarmes e intertravamentos.

4.6.4 Fator Intensificador do Evento de Não Conformidade na Manutenção Preditiva

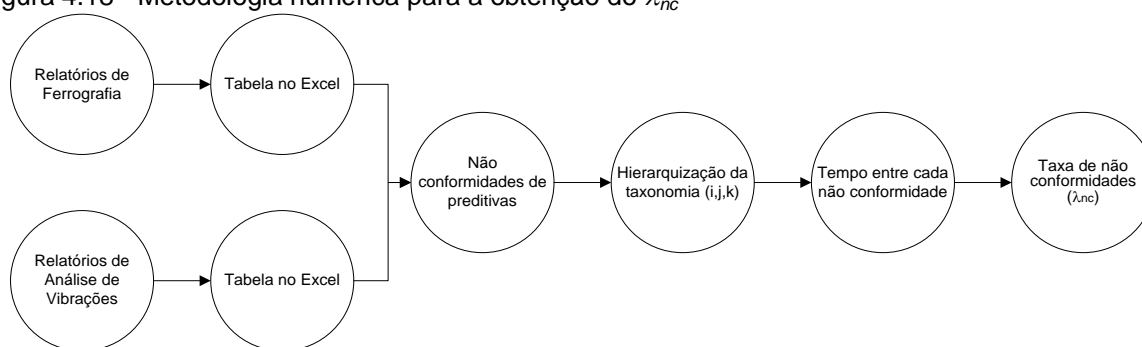
A manutenção preditiva do sistema de compressão deste estudo de caso é baseada em análises de ferrografia e de vibrações.

Os relatórios de preditiva que apresentam resultados de acordo com a normalidade do processo não são utilizados como intensificador do risco dinâmico. Por outro lado, apenas os relatórios que mostram alguma inconformidade são considerados no cálculo do fator intensificador, pois eles são indicadores de instabilidade de processo, problemas de manutenção e de falhas futuras.

Os valores dos números de não conformidades na manutenção preditiva estão indexados pelos componentes i,j,k da árvore de taxonomias e apresentados nas TAB. A.3 (relatórios de ferrografia) e A.4 (relatórios de análise de vibrações) do Apêndice A, nas quais estão expostos também a data, os eventos de cada manutenção preditiva e a taxonomia do equipamento contemplado nos 3 moto-compressores.

A FIG. 4.18 mostra a metodologia numérica empregada para o cálculo do λ_{nc} , onde, a taxa de não conformidades é calculada através da razão entre a quantidade acumulada de não conformidades e o tempo decorrido até o evento de preditiva.

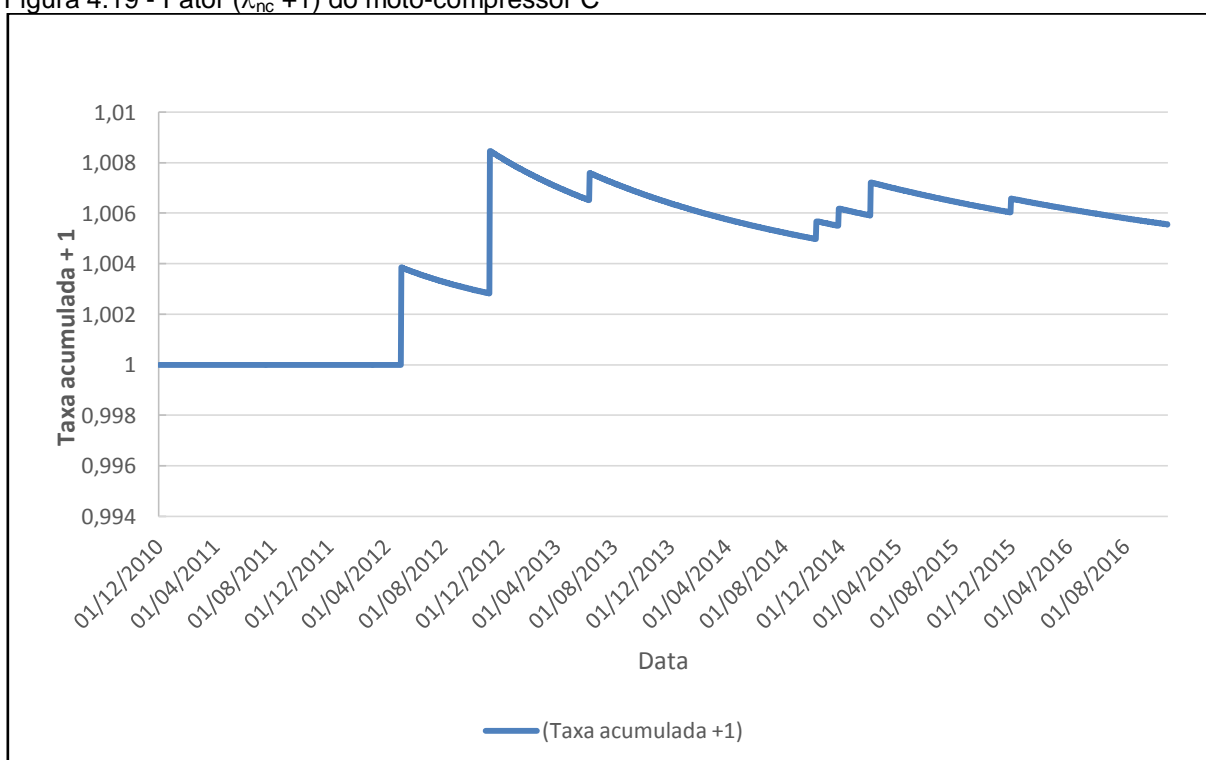
¹²É a linguagem de programação utilizada nos programas do Microsoft Office, que têm recursos exclusivos para agilizar e automatizar todos os elementos de trabalho, estendendo as capacidades de macros específicas para as aplicações.

Figura 4.18 - Metodologia numérica para a obtenção do λ_{nc} 

Como o valor desta taxa é muito baixo, sendo função da quantidade dos eventos desfavoráveis de ferrografia e de análise de vibrações ao longo do tempo, o fator intensificador do evento de não conformidade na manutenção preditiva é acrescido de 1 à taxa acumulada ($\lambda_{nc} + 1$), desta forma intensificando-se a curva do risco dinâmico.

a) Exemplo

Para o fator intensificador do evento de não conformidade, apresento o gráfico do fator ($\lambda_{nc} + 1$) do moto-compressor C.

Figura 4.19 - Fator ($\lambda_{nc} + 1$) do moto-compressor C

A TAB. 4.8 desenvolvida pelo autor, é uma aplicação ao gráfico da FIG. 4.19.

Tabela 4.8 - Valores numéricos do intensificador do evento de não conformidade na manutenção preditiva

Data	Número de eventos	Quantidade acumulada	Taxa acumulada (quantidade acumulada/tempo)	Taxa acumulada+1
01/12/2010	0	0	0	1
...				
02/05/2012	0	0	0	1
03/05/2012	2	2	0,003853565	1,003853565
04/05/2012	0	2	0,003846154	1,003846154
...				
08/11/2012	0	2	0,002824859	1,002824859
09/11/2012	4	6	0,008462623	1,008462623
11/11/2012	0	6	0,008438819	1,008438819
...				
09/06/2013	0	6	0,006514658	1,006514658
10/06/2013	1	7	0,007592191	1,007592191
11/06/2013	0	7	0,007583965	1,007583965
...				
01/08/2014	0	7	0,005227782	1,005227782
...				
30/10/2016	0	12	0,005555556	1,005555556

4.7 RISCO

O cálculo do risco para os componentes da árvore de taxonomias hierarquizada nas FIG. A.3, A.4 e A.5 até o terceiro nível, que neste caso apresenta um número de falhas superior a quatro, é dado por:

$$Risco_{i,j,k}(t) = PoF_{i,j,k}(t).CoF_{i,j,k} \dots\dots\dots(4.5)$$

Quando calcula-se o risco no tempo, os dados censurados¹³ devem ser desconsiderados, ou seja, os períodos de medição e verificação do número de falhas, alarmes, intertravamentos e de eventos de manutenção preventiva, são representativos quando desconsidera-se os tempos mortos de funcionamento das unidades de compressão (os períodos de tempo em que o equipamento está parado).

¹³Classe de dados onde as intervenções preventivas ocorrem em momento anterior à falha e podem ser utilizadas como dados para cálculo de confiabilidade, mas nem sempre trazem o comportamento limite para intervenção ótima em um sistema.

No cálculo do risco dinâmico, considerou-se um efeito intensificador de variáveis diferentes ligadas ao risco de falhas, ou seja, o risco é atualizado.

4.7.1 Cálculo do Risco Dinâmico

Através da resolução literal da Equação (4.5), temos que o termo geral para a equação do risco, é uma expressão que depende dos valores dos parâmetros η e β da Weibull e do tempo t .

Entrementes, os pré-requisitos estabelecidos pelo autor para o equacionamento do risco dinâmico são os seguintes:

- Como os modos de falha diferentes influenciam a indicação de alarme do instrumento, altera-se o CoF na mudança do sintoma ou da consequência;
- Sabendo-se que λ_i é o intensificador do evento de não conformidade na manutenção preditiva ($\lambda_{nc} + 1$), então, o $CoF_{i,j,k}$ assume o valor do CoF para o cenário de consequência associado ao modo de falhas e componente relacionado;
- É importante acrescentar que o cálculo do risco é um produtório, pois demonstra que com o incremento dos intensificadores o risco dinâmico é intensificado.

Assim sendo, devido a lógica aplicada ao sistema de árvore de taxonomias,

$$Risco_{dinâmico}(t) = Risco_{i,j,k}(t) \dots\dots\dots(4.6)$$

Então, o risco dinâmico é calculado da seguinte forma:

$$Risco_{dinâmico}(t) = \left\{ PoF_{i,j,k}(t) \cdot CoF_{i,j,k} \cdot I_{A_{i,j,k}}(t) \cdot I_{I_{i,j,k}}(t) \right\} \lambda_i$$

$$Risco_{dinâmico}(t) = \left\{ PoF_{i,j,k}(t) \cdot CoF_{i,j,k} \cdot I_{A_{i,j,k}}(t) \cdot I_{I_{i,j,k}}(t) \right\} [\lambda_{nc}(t) + 1]_i \dots\dots\dots (4.7)$$

Analisando-se os termos dessa equação separadamente, tem-se:

a) Onde $\lambda_{nc} = 0$, quando não houver o evento de manutenção preditiva num equipamento que apresentou falhas.

Neste estudo de caso considerou-se que o momento do evento de manutenção preditiva que sinaliza uma ação por alerta contabiliza a taxa λ_{nc} . Estas ações estão mostradas nas TAB. A.3 e A.4 do Apêndice A.

Além disso, como os resultados desfavoráveis de ferrografia e análise de vibrações influenciam o desempenho operacional do compressor e do motor a gás como um todo, utilizo o intensificador no 1º nível (λ_i), pois não se aplica às taxonomias.

b) Para evitar que se acrescente erros sistemáticos nos resultados e ruídos nas leituras, principalmente provocados por instrumentos marcando ou registrando medidas muito inferiores ou muito superiores ao valor de referência ou de operação normal, somente foram considerados no cálculo dos intensificadores do alarme e do intertravamento, valores de $\pm 50\%$ da média entre os padrões do *SET POINT* do aparelho.

Nas circunstâncias em que ocorre mais de um alarme por instrumento ou por taxonomia no mesmo período, o valor do I_A adotado para os cálculos do risco é o de maior referência. Dessa forma, um determinado $I_{A_{i,j,k}}$ usado na Equação (4.7) será o maior I_A calculado do dia, dentre os instrumentos correspondentes da taxonomia i,j,k . O mesmo critério é levado em consideração para o evento de intertravamento, ou seja, na obtenção do fator $I_{I_{i,j,k}}$. Exemplos de aplicação serão mostrados no Capítulo V.

c) Os moto-compressores em questão podem ser bem referenciados através da FIG. 4.6 já citada. A disposição das taxonomias de i , j e k na Equação (4.7) representa que ocorre o produtório (um a um) dos níveis 1.1.1 até o nível 1.1.k para em seguida acontecer o cálculo dos níveis 1.2.1 até 1.2.k. Depois que ocorrer toda a efetuação de 1.1.1 até 1.j.k, parte-se para 2.1.1.

Exemplificando de acordo com FIG. A.2 do Apêndice A, primeiro faz-se o produtório (um a um) referente às taxonomias 1.1.1 até a 1.1.6. Quando acabar o nível 1.1, parte-se para o nível 1.2.1 até 1.2.13. Segue-se dessa maneira até cessarem os níveis j , ou seja, até 1.6.

Então, aumenta-se o i , assumindo o valor 2 (Motor de Combustão), e o processo se repete de 2.1.1 até 2.1.3, seguindo-se de 2.2.1 até 2.2.14. Executa-se desta forma a efetuação até o final em 2.6.2.

Ou seja, o processo termina quando se atinge o último valor de i , j e k .

4.8 RISCO TOLERÁVEL

Adotou-se a TAB. 4.9 a seguir, que é alicerçado na ISO 17776 (2000), para se avaliar a tolerabilidade do risco de uma forma geral.

Sendo que a classificação de severidade da CoF e a faixa de valores do PoF são baseados e adaptados da PG-1E1-00425-0 (2009), assim como, a falha no conhecimento dos critérios de ações de bloqueio, significa os riscos não toleráveis do sistema.

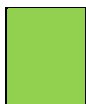
Esses valores numéricos decimais são importantes, pois permitem que o risco calculado para os itens da árvore de taxonomias varie entre 0 e 1, ajustando-se o *grid* (espectro de valores) no gráfico.

Tabela 4.9 - Risco tolerável em termos gerais

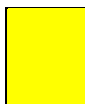
Consequência (CoF)					Probabilidade de falha (PoF)	Grau de risco tolerável			
Classificação de severidade	Pessoas	Ativos	Meio ambiente	Reputação	Faixas de valores (%)	A	B	C	D
						Ocorreu na indústria do E&P	Ocorreu na operação da companhia	Ocorrido muitas vezes no ano durante a operação da companhia	Ocorrido muitas vezes no ano na mesma localidade
0,1	Sem lesão	Sem dano	Sem efeito	Sem impacto	0 a 15				
0,2	Lesão leve	Dano leve	Efeito leve	Impacto leve	16 a 30				
0,4	Lesão limitada	Dano limitado	Efeito limitado	Impacto limitado	31 a 45				
0,6	Lesão maior	Dano local	Efeito local	Impacto considerável	46 a 60				
0,8	Uma fatalidade	Dano maior	Efeito maior	Maior impacto nacional	61 a 80				
1	Múltiplas fatalidades	Dano extensivo	Efeito maciço	Maior impacto internacional	81 a 100				

Legenda:

Gerenciar por melhoria contínua



Incorporar medidas para a redução do risco



Falha no conhecimento dos critérios de blindagem



Fonte: ISO 17776, 2000.

Entrementes, pelo exposto, a faixa de risco não tolerável compreende os valores de 0,36 (0,6.60%) a 1 (1.100%), que é identificada pela região de cor vermelha. Estes limites também tratam-se de um ponto de partida, cujo precisa ser definido ou previsto pela empresa e que condiz com a realidade operacional.

Para efeito numérico, o risco dinâmico é obtido na taxonomia i,j,k do terceiro nível da árvore na FIG. A.3 para o moto-compressor A, na FIG. A.4 para o moto-compressor B, e na FIG. A.5 para o moto-compressor C (contemplados no Apêndice A); e em seguida comparado com a faixa de risco não tolerável, desta forma, demonstrando semi-quantitativa e matematicamente, se a estratégia de manutenção adotada foi efetiva. Caso contrário, a metodologia deve ser revista conforme presumido e estipulado na FIG. 1.5.

4.9 MODELAGEM MATEMÁTICA

4.9.1 Aplicação do Conceito

Assim sendo, tanto o cálculo do $PoF(t)$ quanto o do risco dinâmico de uma taxonomia considerada, é realizado como aplicação algébrica nos níveis inferiores a esta, desde que o 3º nível (i,j,k) apresente a quantidade de falhas maior ou igual a 4 dentro do período.

A título de exemplos, mostro no Apêndice A, na FIG. A.6 (conjunto moto-compressor A), na FIG. A.7 (conjunto moto-compressor B) e na FIG. A.8 (conjunto moto-compressor C), as árvores utilizadas no algebrismo para o cálculo do PoF e do risco dinâmico de acordo com as taxonomias respectivas.

Outrossim, no capítulo seguinte, serão apresentados os resultados obtidos com o uso deste modelo proposto.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

Conforme informado nos objetivos do ofício, a seguir são apresentados e discutidos os resultados alcançados a partir do desenvolvimento do modelo elaborado neste texto, destacando-se,

- a) Probabilidade de Falha: Resultado da regressão dos dados de falha do escopo e no período considerado;
- b) Risco Dinâmico: Obtido a partir da integração de dados de processo e manutenção dentro do modelo proposto.

5.1 PROBABILIDADE DE FALHA

A distribuição de Weibull foi adotada para o tratamento de dados de falha deste trabalho, pois embora com R^2 (coeficiente de determinação) discretamente inferior à distribuição lognormal, apresentados na TAB. 5.1 através dos distintos níveis de taxonomia e modelos de distribuições estatísticas (Weibull, lognormal e normal) visando a regressão dos dados de falha, a primeira prevê dados mais adequadamente às falhas na fase de desgaste em que há alteração significativa da taxa de falha, que aumenta exponencialmente no fim de vida útil, conforme ilustrado na curva da banheira da FIG. 2.6. Esta distribuição é mais apropriada neste processo de regressão de dados de falha, principalmente para tendências que envolvem grandes populações como cenário de futuro (predição), por utilizar dois parâmetros (forma e escala), enquanto as demais distribuições utilizam somente um parâmetro.

Tabela 5.1 – Comparação entre valores do coeficiente de determinação

Unidade A - R ²			
Distribuições Estatísticas	Taxonomia		
	0	1	2
Weibull	0,961242	0,961486	0,983384
Lognormal	0,985903	0,983028	0,983783
Normal	0,879112	0,88393	0,914085
Unidade B - R ²			
Distribuições Estatísticas	Taxonomia		
	0	1	2
Weibull	0,960903	0,963779	0,983175
Lognormal	0,984108	0,979777	0,980623
Normal	0,861116	0,889252	0,90893
Unidade C - R ²			
Distribuições Estatísticas	Taxonomia		
	0	1	2
Weibull	0,976551	0,98278	0,984291
Lognormal	0,983948	0,986309	0,961973
Normal	0,86024	0,884968	0,926775

Com base no item 4.4, foram desenvolvidas as TAB. 5.2, 5.3 e 5.4, que apresentam os resultados numéricos dos parâmetros de forma e escala de Weibull do $PoF(t)$, segundo taxonomia elencadas para análise no período considerado, dos conjuntos moto-compressores A, B e C.

Tabela 5.2 - Parâmetros de Weibull do $PoF(t)$ no período considerado do moto-compressor A

Taxonomia	β	η	Quantidade de Falhas	MTTF (dias)	R ²
1.2.9	0,777149	191,8049	10	222,0200	0,9558
1.2.13	4,333592	528,2254	4	480,9915	0,9086
1.3.6	0,885131	53,8918	51	42,9249	0,9850
1.3.7	0,728982	180,1617	13	172,6610	0,9431
1.3.8	0,875583	187,6674	11	200,5518	0,9859
1.3.9	0,645352	255,6077	10	256,0330	0,9939
1.4.9	1,174523	445,7028	5	421,6524	0,9436
1.6.2	0,61369	98,0741	18	128,2856	0,9350
1.6.3	0,632191	335,4369	5	473,0753	0,8728
1.6.4	2,056217	454,2585	5	402,4101	0,9503
1.6.6	1,494503	159,6323	17	128,1527	0,9796
2.1.2	3,539743	418,616328	5	376,874579	0,861289
2.2.2	1,535893	256,444617	11	192,393458	0,985179
2.2.15	1,664003	321,247698	7	287,074255	0,978287
2.4.8	0,770474	411,40318	6	410,902062	0,971146

Considerando o parâmetro de forma, β , apresentado na TAB. 5.2, observa-se que:

- a) Os itens 1.2.9, 1.3.6, 1.3.7, 1.3.8, 1.3.9, 1.6.2, 1.6.3 e 2.4.8, estão na fase de infância ($\beta < 1$), ou seja, com falhas prematuras de fabricação ou instalação, destacando-se o item 1.3.6 com MTTF de 42,9249 dias;
- b) Não há itens na fase de vida útil ($\beta \approx 1$);
- c) Os itens 1.2.13, 1.4.9, 1.6.4, 1.6.6, 2.1.2, 2.2.2 e 2.2.15, estão na fase de degradação ($\beta > 1$).

A análise ainda mostra que a Unidade de Compressão A apresenta baixa confiabilidade, ora com problemas de mortalidade infantil, em especial nos itens do compressor, ora com falhas de degradação, em especial no motor a gás, demonstrando que esta máquina tem que ser submetida a uma revisão de sua estratégia de manutenção, revendo seu projeto e instalações, assim como seus planos de manutenção nas taxonomias destacadas pelos itens a) e c).

TABELA 5.3 Parâmetros de Weibull do $PoF(t)$ no período considerado do moto-compressor B

Taxonomia	β	η	Quantidade de Falhas	MTTF (dias)	R ²
1.2.9	1,765506	256,0258	9	227,9075	0,9784
1.3.6	0,803471	53,5648	53	41,4552	0,9848
1.3.7	0,703526	151,4029	14	152,5905	0,9712
1.3.9	0,87058	228,9115	10	223,1380	0,9679
1.4.3	0,7113	253,3752	7	315,9287	0,9733
1.4.5	1,2490	762,3424	4	568,1271	0,9492
1.4.6	0,8456	691,8363	5	503,4206	0,9994
1.6.2	0,9099	161,2157	15	147,5538	0,9436
1.6.3	0,6787	402,2348	5	524,8997	0,9679
1.6.4	0,7072	205,4329	9	257,5603	0,9739
1.6.6	1,0400	136,8023	19	114,4621	0,9809
2.2.2	0,965595	237,552192	10	219,323291	0,95815
2.2.15	1,048946	312,924871	7	307,02932	0,97895
2.4.8	0,702288	85,929208	6	108,434425	0,990128

Tendo em conta o parâmetro de forma, β , apresentado na TAB. 5.3, observa-se que:

- a) Os itens 1.3.6, 1.3.7, 1.3.9, 1.4.3, 1.4.6, 1.6.3, 1.6.4 e 2.4.8, estão na fase de infância ($\beta < 1$), ou seja, com falhas prematuras de fabricação ou instalação, destacando-se o item 1.3.6 com MTTF de 41,4552 dias;
- b) Os itens 1.6.2, 1.6.6, 2.2.2 e 2.2.15, estão na fase de vida útil, com taxa de falha constante, $\beta \approx 1$, permitindo assim a definição de um intervalo adequado para a manutenção preventiva;
- c) Os itens 1.2.9 e 1.4.5 estão na fase de degradação ($\beta > 1$), o que demanda ações de manutenção ou melhoria.

A análise ainda revela que a Unidade de Compressão B apresenta confiabilidade superior a da Unidade de Compressão A, porém com diversos itens com problemas de mortalidade infantil, em especial nos itens do compressor, demonstrando que esta máquina tem que ser submetida a uma revisão de sua estratégia de manutenção nas taxonomias destacadas nos itens a) e c).

TABELA 5.4 - Parâmetros de Weibull do $PoF(t)$ no período considerado do moto-compressor C

Taxonomia	β	η	Quantidade de Falhas	MTTF (dias)	R ²
1.3.6	0,83863	55,105758	53	41,430878	0,986843
1.3.7	0,91238	297,920663	11	207,447688	0,975707
1.3.9	0,549286	195,669408	12	333,781714	0,964438
1.4.5	1,431561	763,231719	4	554,632297	0,967694
1.4.6	1,019573	721,720837	4	572,777309	0,970101
1.4.7	0,713635	319,158207	6	396,779299	0,956047
1.4.9	1,056944	531,599125	5	433,432539	0,959118
1.6.2	0,806672	139,01324	15	146,791308	0,94797
1.6.3	2,338904	544,495442	4	482,480076	0,973228
1.6.4	0,697804	240,13742	9	274,398091	0,942751
1.6.6	0,790443	180,903555	12	190,854023	0,972153
2.2.1	1,589903	531,93405	4	477,19989	0,863581
2.2.2	1,173115	225,025459	11	195,207002	0,987523
2.2.15	0,972462	214,328263	11	198,884883	0,889003
2.4.8	0,728703	270,896041	7	330,533618	0,944534

Haja vista o parâmetro de forma, β , apresentado na TAB. 5.4, observa-se que:

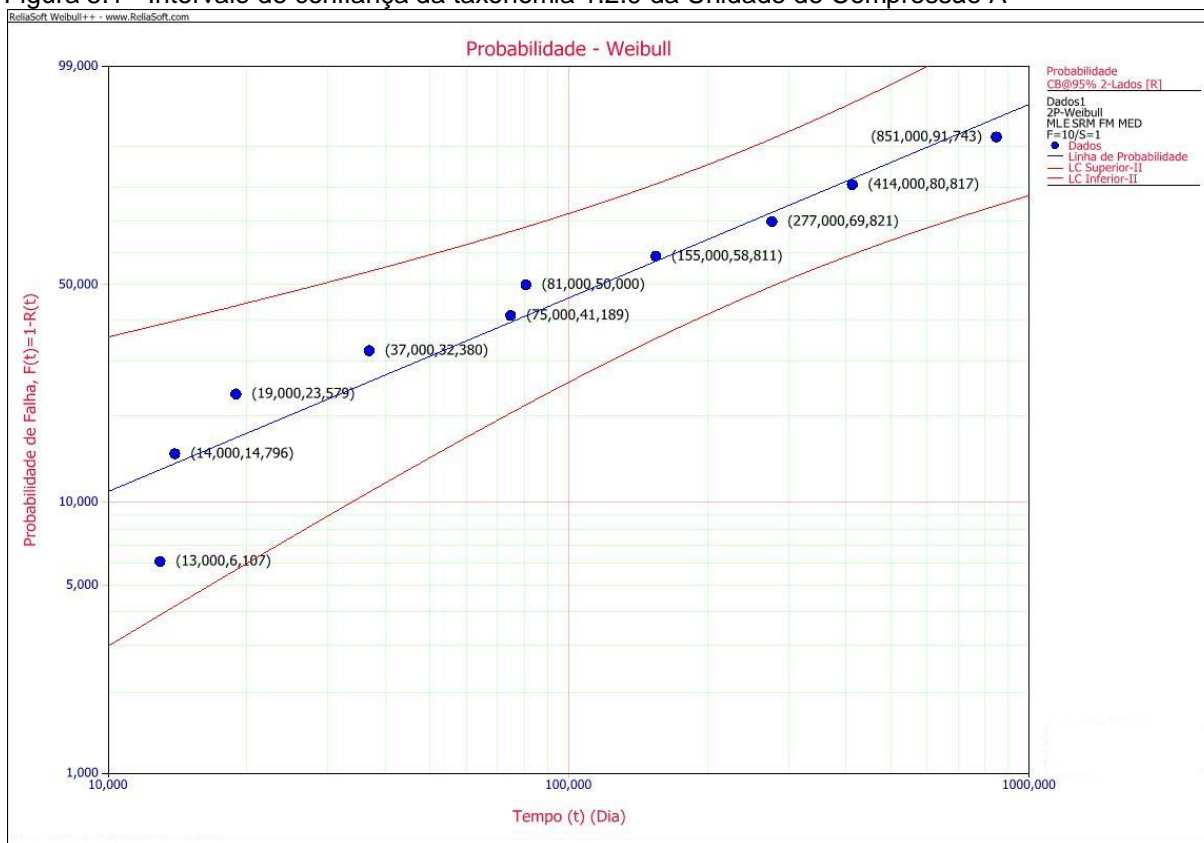
- a) Os itens 1.3.6, 1.3.9, 1.4.7, 1.6.2, 1.6.4, 1.6.6 e 2.4.8, estão na fase de infância ($\beta < 1$), ou seja, com falhas prematuras de fabricação ou instalação, destacando-se o item 1.3.6 com MTTF de 41,430878 dias;
- b) Os itens 1.3.7, 1.4.6, 1.4.9 e 2.2.15, estão na fase de vida útil, com taxa de falha constante ($\beta \approx 1$), permitindo assim a definição de um intervalo adequado para a manutenção preventiva;
- c) Os itens 1.4.5, 1.6.3, 2.2.1 e 2.2.2, estão na fase de degradação ($\beta > 1$).

A análise ainda demonstra que a Unidade de Compressão C apresenta confiabilidade similar a da Unidade de Compressão B, porém com diversos itens com mais problemas de falha de degradação, indicando que esta máquina também tem que ser submetida a uma revisão de sua estratégia de manutenção nas taxonomias destacadas pelos itens a) e c).

Então, com os valores obtidos dos parâmetros de forma e escala, para cada taxonomia nos níveis inferiores, tem-se o valor da probabilidade de falha em função do tempo.

Na FIG. 5.1 podemos verificar os intervalos de confiança em 95% para a taxonomia 1.2.9 do moto-compressor A, enquanto que os demais gráficos referentes às taxonomias do 3º nível nas Unidades de Compressão A, B e C estão demonstrados no Apêndice C. Neste tópico, é importante acrescentar para complementação ilustrativa, que os valores numéricos reais das ordenadas (Probabilidade de Falha) precisam ser divididos por 10^2 , pois estão como percentuais.

Figura 5.1 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.2.9 da Unidade de Compressão A



A seguir são discutidos os resultados das correlações de Weibull na probabilidade de falha dos itens investigados em função do tempo, levantados para as taxonomias de cada unidade moto-compressora (A, B e C).

Inclusive, deve-se destacar que os resultados foram graficados na linha de vida dos equipamentos considerando-se os eventos e momentos em que os itens sofreram manutenção total (conforme registros de manutenção da TAB. A.1), e que devido à intervenção, a probabilidade de falha vai a zero e volta a se elevar com o tempo até sofrer nova interferência, demonstrando que há um efeito serrote na probabilidade de falha, resultado do plano de manutenção existente ou não programado.

No caso em que os decréscimos foram para patamares menores ou diferentes de zero, houve manutenção parcial envolvendo um menor número de suas taxonomias de níveis inferiores referente ao item investigado.

5.1.1 Probabilidade de Falha na Unidade de Compressão A

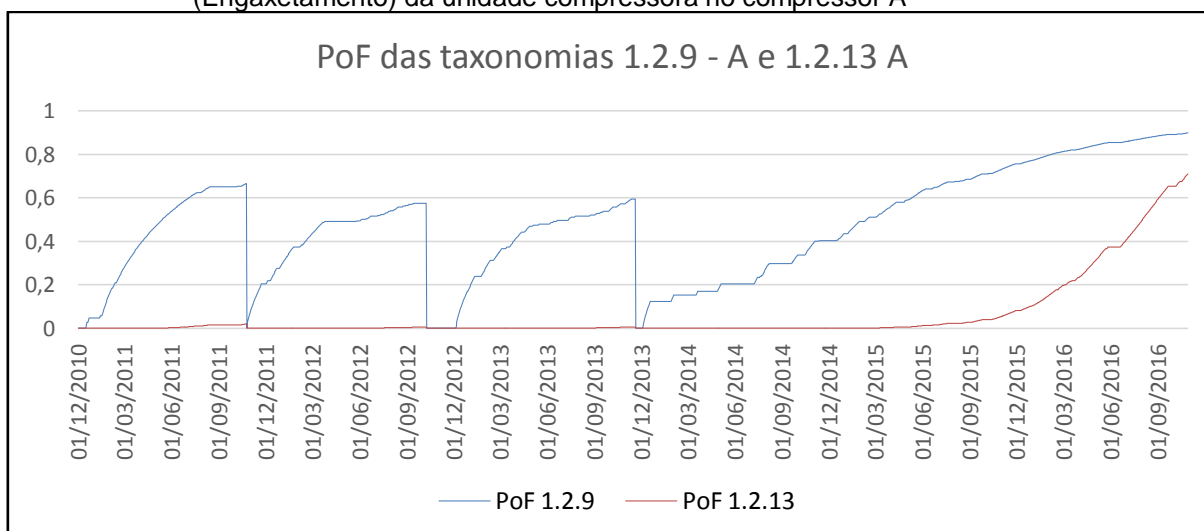
5.1.1.1 Resultados do Compressor A

Agora apresento os resultados discutidos das correlações de probabilidade de falha dos itens analisados no compressor da unidade A:

a) Unidade compressora (taxonomia 1.2)

Observa-se que a probabilidade de falha nas taxonomias 1.2.9 e 1.2.13 (ver FIG. 5.2), ambos com planos 4000 h e 8000 h (conforme a TAB. A.22), submetidas a 3 paradas no período investigado, atingiram respectivamente patamares de 65% e 2%, porém destaca-se a taxonomia 1.2.9 cujo mais contribui de forma ponderada para a probabilidade de falha neste sistema.

Figura 5.2 - Gráfico da probabilidade de falha nas taxonomias 1.2.9 (Válvulas) e 1.2.13 (Engaxetamento) da unidade compressora no compressor A

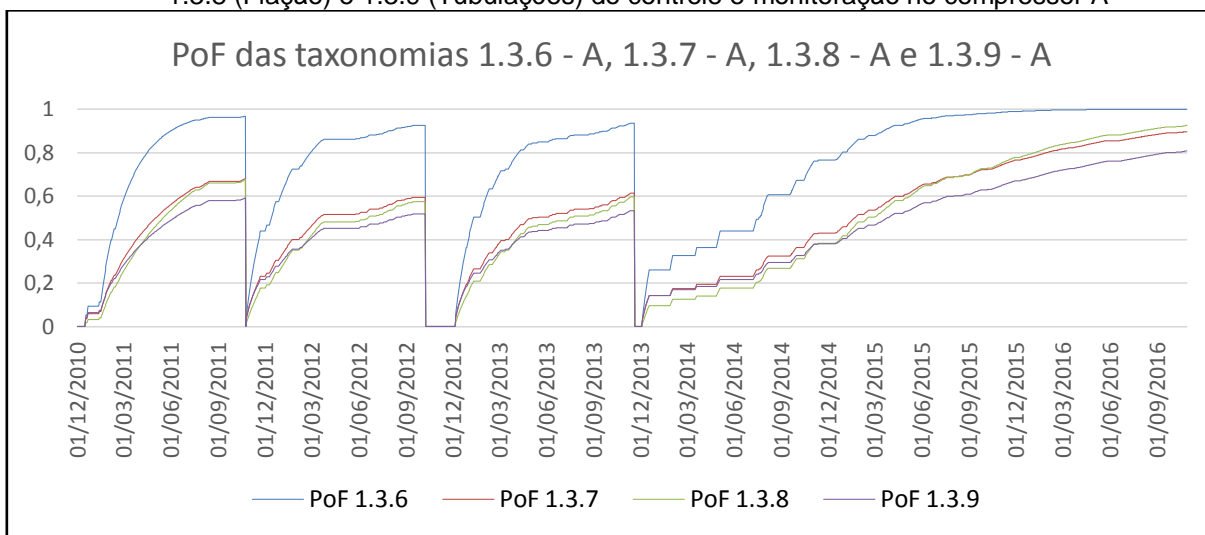


b) Controle e monitoração (taxonomia 1.3)

Percebe-se que a probabilidade de falha das taxonomias 1.3.6, 1.3.7, 1.3.8 e 1.3.9 (ver FIG. 5.3) no período investigado, todos com planos de 4000 h e 8000 h (segundo a TAB. A.22), demonstraram baixa confiabilidade apesar das intervenções,

impactam respectivamente nos valores de 96%, 68%, 68% e 59%, sobressaindo-se a taxonomia 1.3.6, cujo mais acrescenta para o cálculo da probabilidade de falha neste sistema sendo quem possui maior quantidade de falhas na Unidade de Compressão A.

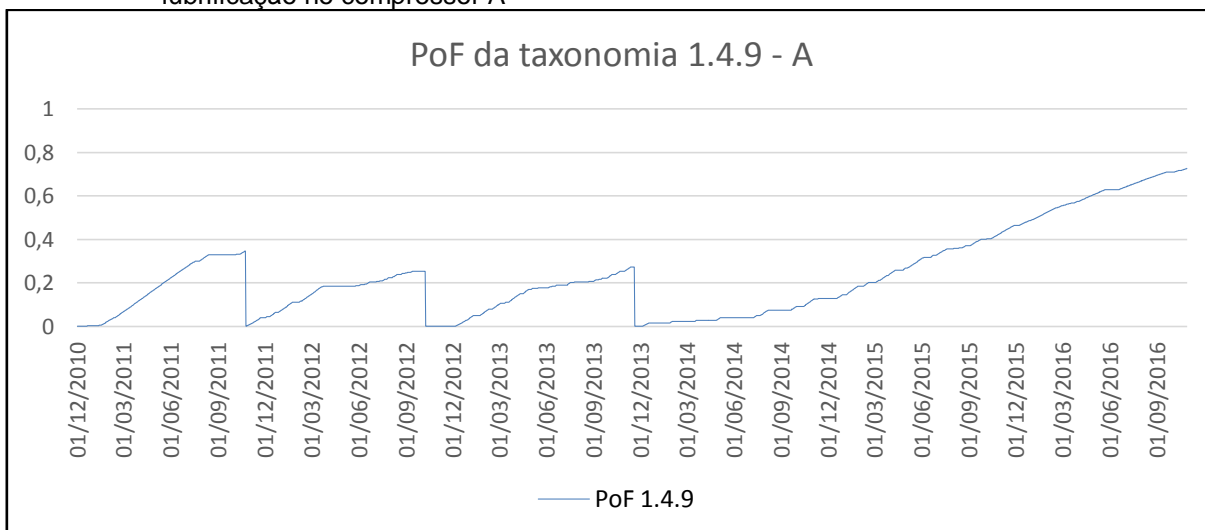
Figura 5.3 - Gráfico da probabilidade de falha nas taxonomias 1.3.6 (Sensores), 1.3.7 (Válvulas), 1.3.8 (Fiação) e 1.3.9 (Tubulações) do controle e monitoração no compressor A



c) Sistema de lubrificação (taxonomia 1.4)

Nota-se que neste sistema a probabilidade de falha da taxonomia 1.4.9 (ver FIG. 5.4) no período investigado, com planos de 4000 h e 8000 h (consoante a TAB. A.22), salientou boa confiabilidade e culminou no patamar de 34%.

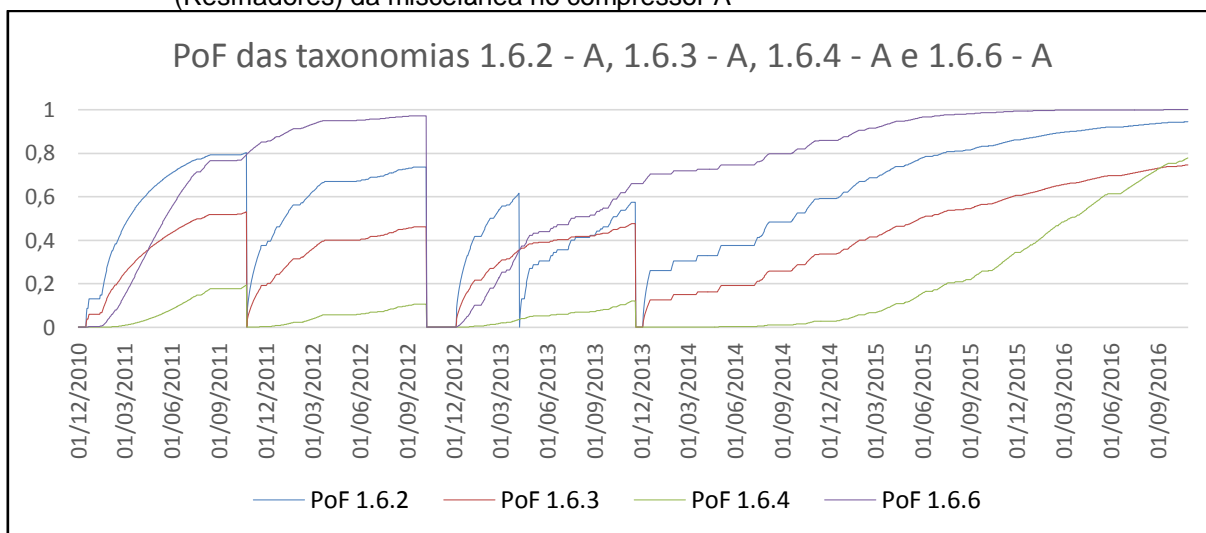
Figura 5.4 - Gráfico da probabilidade de falha na taxonomia 1.4.9 (Óleo lubrificante) do sistema de lubrificação no compressor A



d) Miscelânea (taxonomia 1.6)

Constata-se que a probabilidade de falha nas taxonomias 1.6.2, 1.6.3, 1.6.4 e 1.6.6 (ver FIG. 5.5) no período investigado, sendo o primeiro com plano de 2000 h acrescentado dos seguintes para 4000 h e 8000 h, e o último 8000 h (conforme a TAB. A.22), revelaram baixa confiabilidade apesar das intervenções, e ascendeu respectivamente valores de 80%, 52%, 20% e 96%, realçando-se a taxonomia 1.6.6 cujo mais colabora para o cálculo da probabilidade de falha neste sistema.

Figura 5.5 - Gráfico da probabilidade de falha nas taxonomias 1.6.2 (Tubulações, suporte de tubulação e foles), 1.6.3 (Válvulas de controle), 1.6.4 (Válvulas de isolamento) e 1.6.6 (Resfriadores) da miscelânea no compressor A



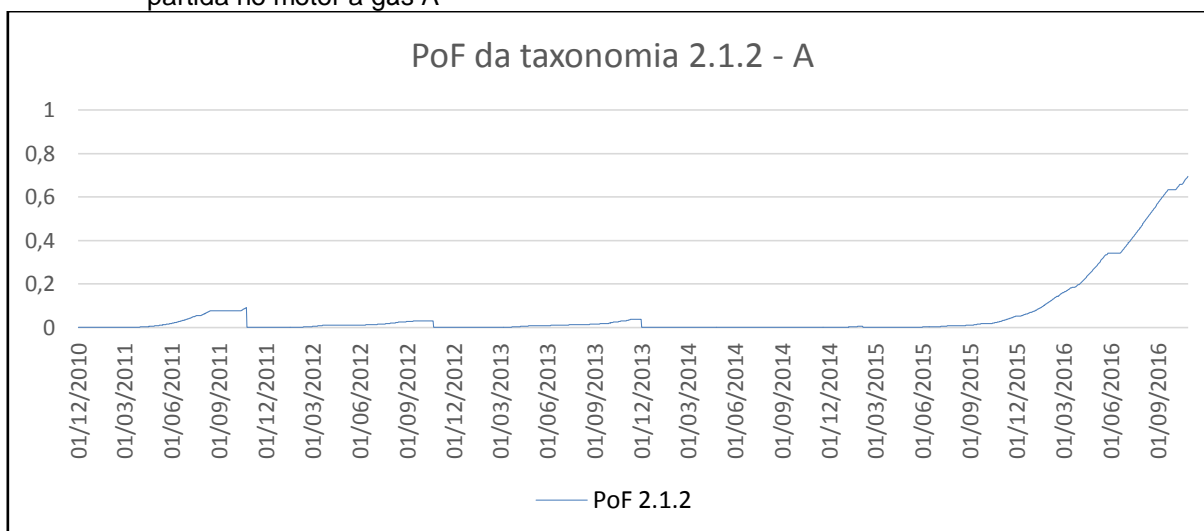
5.1.1.2 Resultados do Motor a Gás A

A seguir são discutidos os resultados das correlações de probabilidade de falha dos itens analisados no motor a gás da unidade A:

a) Sistema de partida (taxonomia 2.1)

Neste sistema, a probabilidade de falha da taxonomia 2.1.2 (ver FIG. 5.6), no período investigado, com planos de 4000 h e 8000 h (segundo a TAB. A.23), evidenciou boa confiabilidade performando o patamar de 10% com as manutenções preventivas.

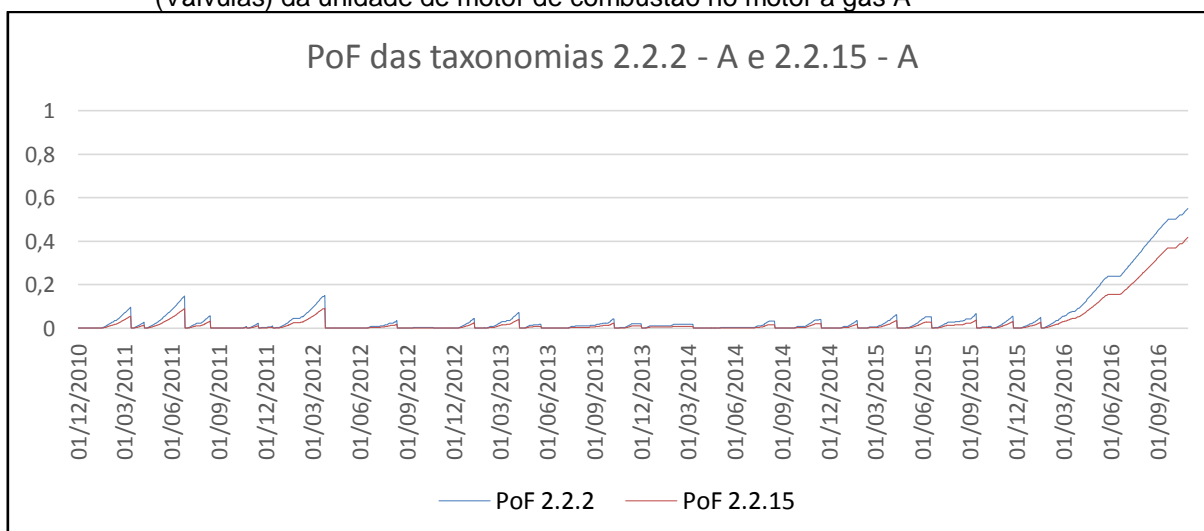
Figura 5.6 - Gráfico da probabilidade de falha na taxonomia 2.1.2 (Unidade de partida) do sistema de partida no motor a gás A



b) Unidade de motor de combustão (taxonomia 2.2)

Repara-se que neste sistema, a probabilidade de falha das taxonomias 2.2.2 e 2.2.15 (ver FIG. 5.7) no período investigado, com planos de 1000 h, 2000 h, 4000 h e 8000 h (consoante a TAB. A.23), indicaram boa confiabilidade, alcançando valores de 15% e 9%, respectivamente.

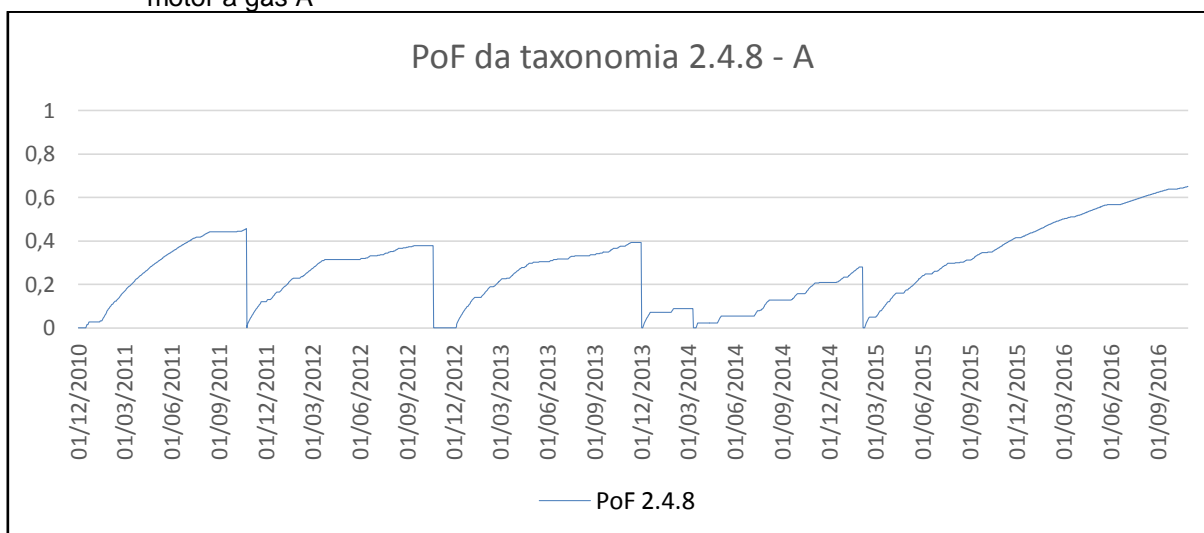
Figura 5.7 - Gráfico da probabilidade de falha nas taxonomias 2.2.2 (Sistema de ignição) e 2.2.15 (Válvulas) da unidade de motor de combustão no motor a gás A



c) Sistema de lubrificação (taxonomia 2.4)

Atenta-se que neste sistema, a probabilidade de falha da taxonomia 2.4.8 (ver FIG. 5.8) no período investigado, com planos de 4000 h e 8000 h (conforme a TAB. A.23), apontou uma boa confiabilidade chegando-se ao patamar de 45%.

Figura 5.8 - Gráfico da probabilidade de falha na taxonomia 2.4.8 (Óleo) do sistema de lubrificação no motor a gás A



De forma geral, a Unidade de Compressão A apresentou taxonomias com baixa confiabilidade, já evidenciados nos valores dos parâmetros de forma obtidos pela regressão de dados, desde exposto na TAB. 5.2.

5.1.2 Probabilidade de Falha na Unidade de Compressão B

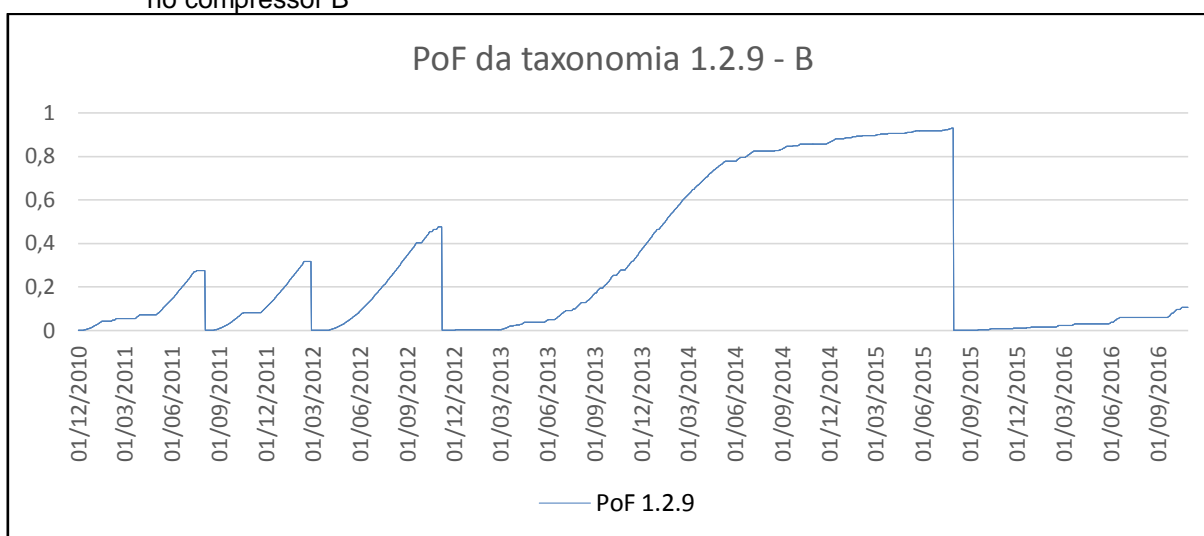
5.1.2.1 Resultados do Compressor B

A seguir são discutidos os resultados das correlações de probabilidade de falha dos itens analisados no compressor da unidade B:

a) Unidade compressora (taxonomia 1.2)

Observa-se que a probabilidade de falha da taxonomia 1.2.9 (ver FIG. 5.9), com planos de 4000 h e 8000 h (segundo a TAB. A.24), demonstrou baixa confiabilidade apesar das intervenções, chegando a atingir o patamar de 92%, desta forma, contribuindo significativamente para a probabilidade de falha neste sistema.

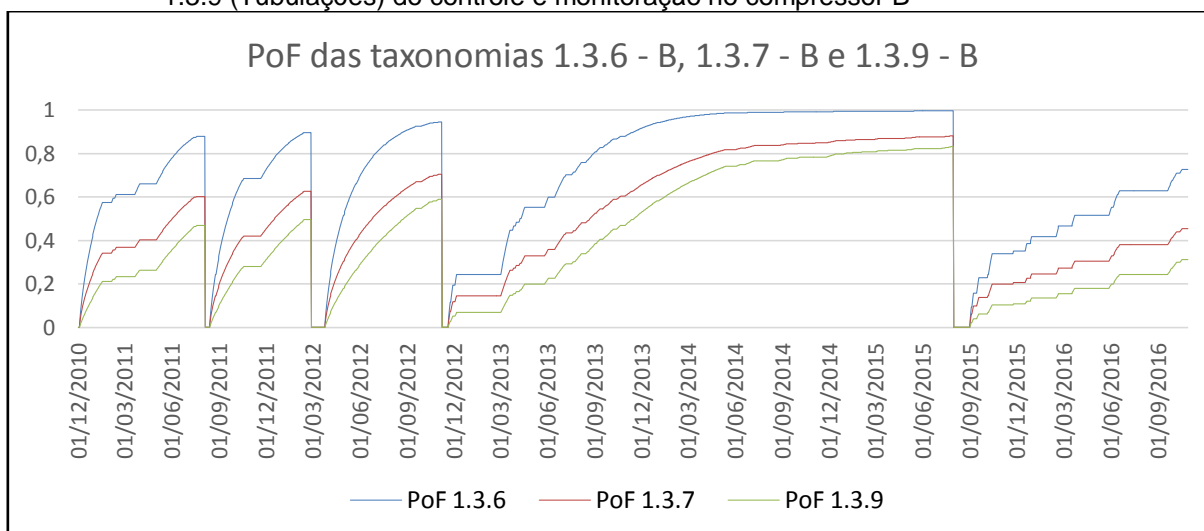
Figura 5.9 - Gráfico da probabilidade de falha na taxonomia 1.2.9 (Válvulas) da unidade compressora no compressor B



b) Controle e monitoração (taxonomia 1.3)

Percebe-se que a probabilidade de falha das taxonomias 1.3.6, 1.3.7 e 1.3.9 (ver FIG. 5.10) no período investigado, com planos de 4000 h e 8000 h (consoante a TAB. A.24), salienta baixa confiabilidade apesar das intervenções, e impacta respectivamente nos valores de 100%, 88% e 83%, onde destaca-se a taxonomia 1.3.6, cujo mais acrescenta para a probabilidade de falha neste sistema sendo quem possui maior quantidade de falhas na Unidade de Compressão B.

Figura 5.10 - Gráfico da probabilidade de falha nas taxonomias 1.3.6 (Sensores), 1.3.7 (Válvulas) e 1.3.9 (Tubulações) do controle e monitoração no compressor B

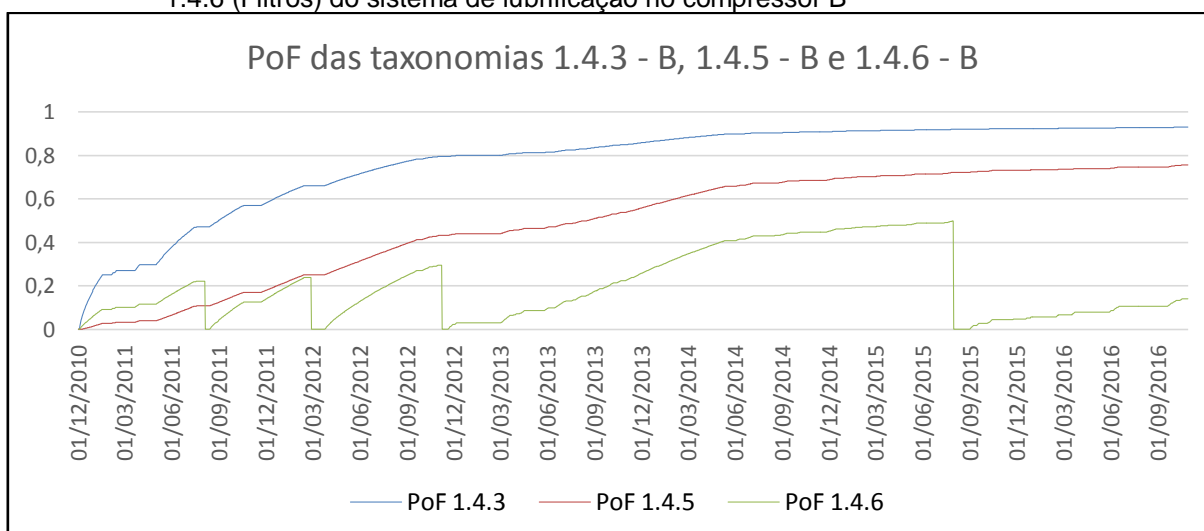


c) Sistema de lubrificação (taxonomia 1.4)

Nota-se que neste sistema, a probabilidade de falha das taxonomias 1.4.3 e 1.4.5 (ver FIG. 5.11) no período investigado, cujo não contemplam em nenhum plano de manutenção periódica, revelaram baixa confiabilidade culminando em patamares ascendentes e finais de 93% e 75%, respectivamente.

Entretanto, a probabilidade de falha da taxonomia 1.4.6 no período investigado, com planos de 4000 h e 8000 h (conforme a TAB. A.24), serviço de troca de elementos filtrantes, evidenciou uma confiabilidade razoável alcançando o valor de 50%.

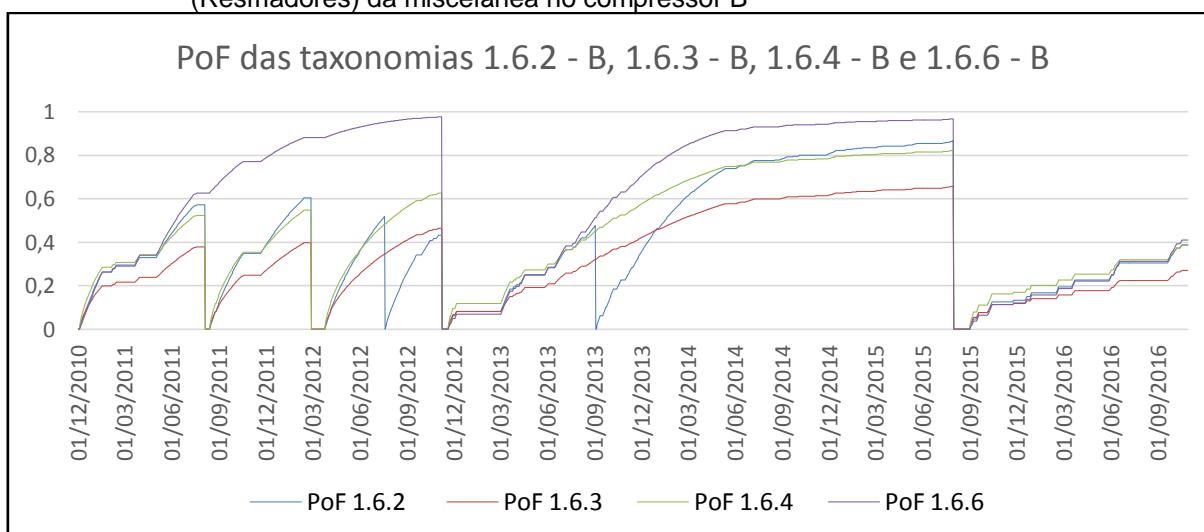
Figura 5.11 - Gráfico da probabilidade de falha nas taxonomias 1.4.3 (Motor), 1.4.5 (Resfriadores) e 1.4.6 (Filtros) do sistema de lubrificação no compressor B



d) Miscelânea (taxonomia 1.6)

Constata-se que a probabilidade de falha das taxonomias 1.6.2, 1.6.3, 1.6.4 e 1.6.6 (ver FIG. 5.12) no período investigado, sendo o primeiro com plano de 2000 h acrescido dos seguintes para 4000 h e 8000 h, e o último 8000 h (segundo a TAB. A.24), indicaram baixa confiabilidade apesar das intervenções, ascendendo respectivamente à patamares de 85%, 65%, 82% e 95%, cuja taxonomia 1.6.6 é quem mais colabora significativamente para a probabilidade de falha neste sistema.

Figura 5.12 - Gráfico da probabilidade de falha nas taxonomias 1.6.2 (Tubulações, suporte de tubulação e foles), 1.6.3 (Válvulas de controle), 1.6.4 (Válvulas de isolamento) e 1.6.6 (Resfriadores) da miscelânea no compressor B



5.1.2.2 Resultados do Motor a Gás B

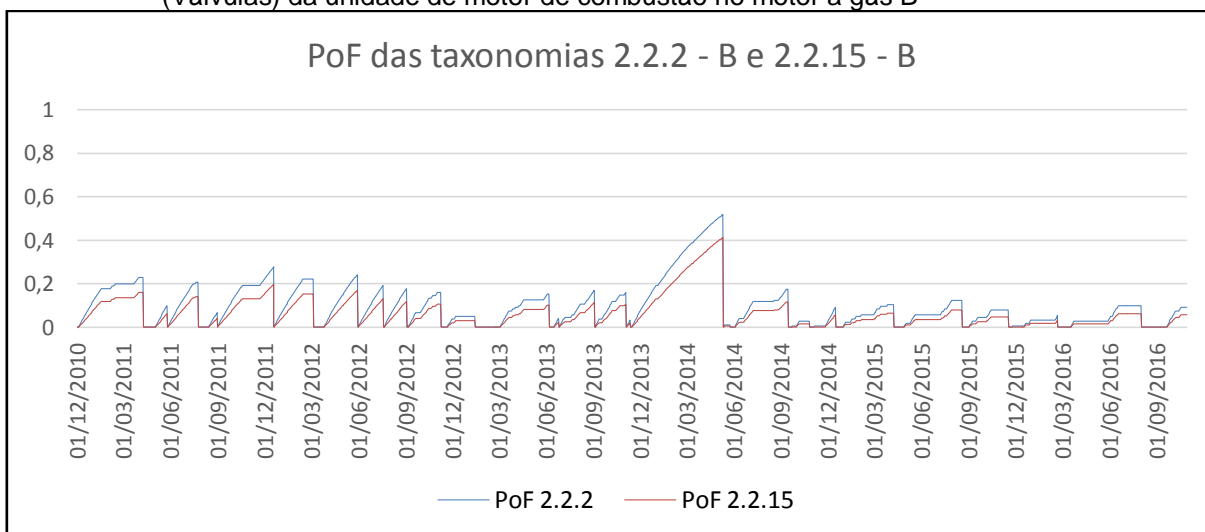
A seguir são discutidos os resultados das correlações de probabilidade de falha dos itens relacionados no motor da unidade B:

a) Unidade de motor de combustão (taxonomia 2.2)

Repara-se que a probabilidade de falha das taxonomias 2.2.2 e 2.2.15 (FIG. 5.13) no período investigado, com planos de 1000 h, 2000 h, 4000 h e 8000 h (consoante a TAB. A.25), apontou boa confiabilidade performando em patamares respectivamente

de 51% e 40%, sobressaindo-se a taxonomia 2.2.2 cujo mais coopera para a probabilidade de falha neste sistema.

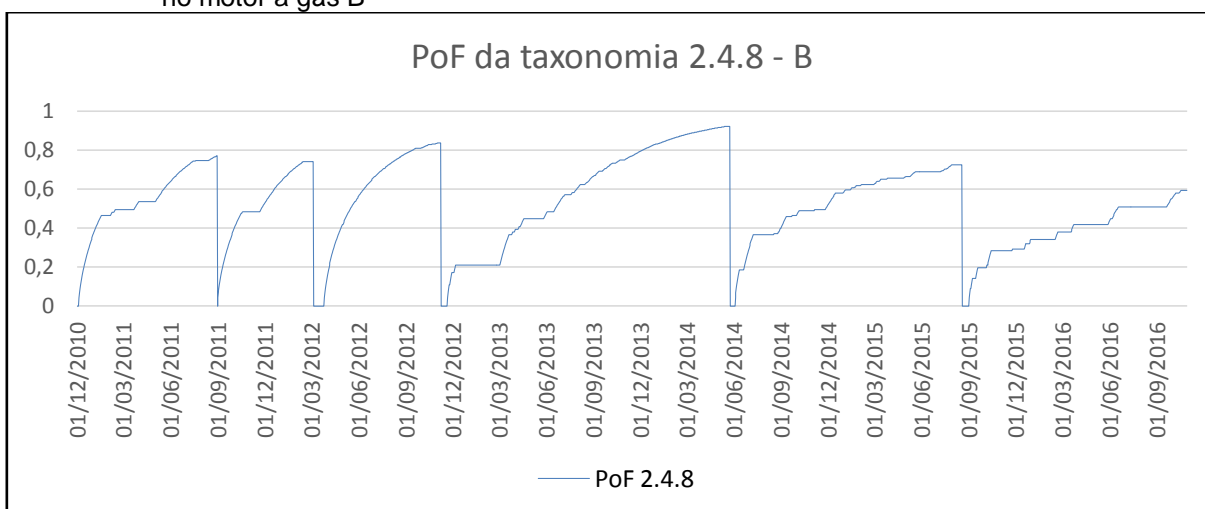
Figura 5.13 - Gráfico da probabilidade de falha nas taxonomias 2.2.2 (Sistema de ignição) e 2.2.15 (Válvulas) da unidade de motor de combustão no motor a gás B



b) Sistema de lubrificação (taxonomia 2.4)

Atenta-se que a probabilidade de falha da taxonomia 2.4.8 (ver FIG. 5.14), no período investigado e com planos de 4000 h e 8000 h (conforme a TAB. A.25), exibiu uma baixa confiabilidade chegando ao valor de 92%, sendo quem participa significativamente na probabilidade de falha neste sistema.

Figura 5.14 - Gráfico da probabilidade de falha na taxonomia 2.4.8 (Óleo) do sistema de lubrificação no motor a gás B



De forma geral, a Unidade de Compressão B apresentou taxonomias com confiabilidade melhor que a unidade A, já evidenciados nos valores dos parâmetros de forma obtidos pela regressão de dados, desde exposto na TAB. 5.3.

5.1.3 Probabilidade de Falha na Unidade de Compressão C

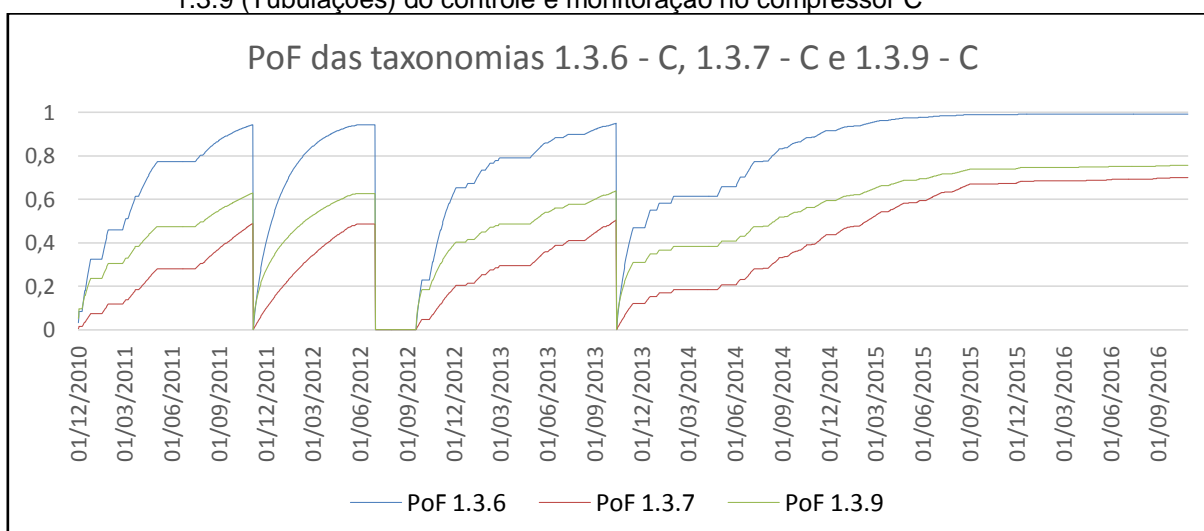
5.1.3.1 Resultados do Compressor C

Agora demonstro os resultados discutidos das correlações de probabilidade de falha dos itens analisados no compressor da unidade C:

a) Controle e monitoração (taxonomia 1.3)

Observa-se que a probabilidade de falha das taxonomias 1.3.6, 1.3.7 e 1.3.9 (ver FIG. 5.15) no período investigado, com planos de 4000 h e 8000 h (segundo a TAB. A.26), atingiram respectivamente patamares de 95%, 50% e 62%, destacando-se a taxonomia 1.3.6, cujo mais contribui para a probabilidade de falha neste sistema sendo quem possui maior quantidade de falhas na Unidade de Compressão C.

Figura 5.15 - Gráfico da probabilidade de falha nas taxonomias 1.3.6 (Sensores), 1.3.7 (Válvulas) e 1.3.9 (Tubulações) do controle e monitoração no compressor C

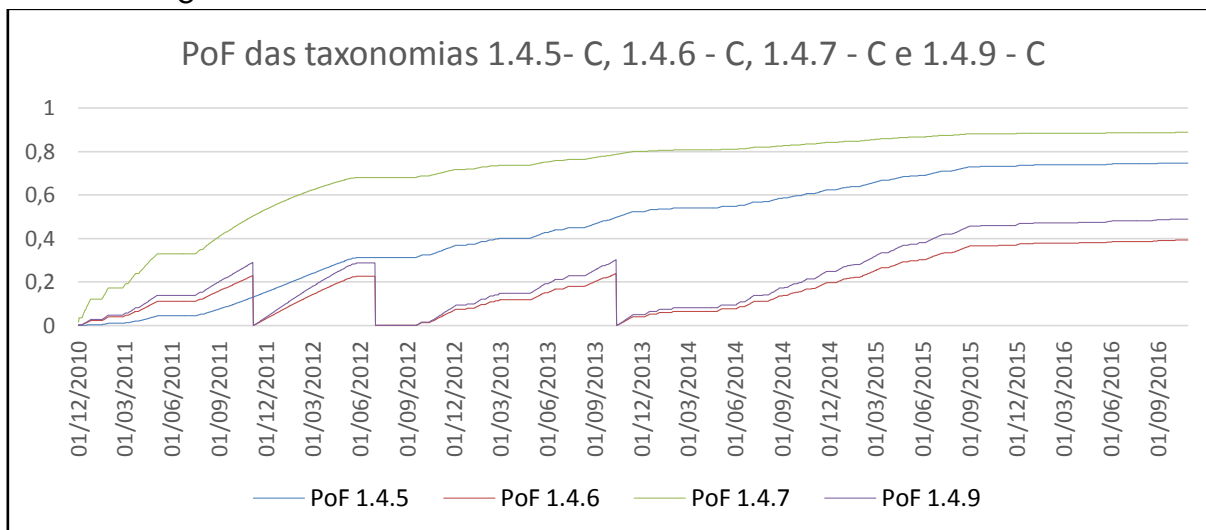


b) Sistema de lubrificação (taxonomia 1.4)

Percebe-se que a probabilidade de falha das taxonomias 1.4.5 e 1.4.7 (ver FIG. 5.16), sem serem submetidos à intervenção de manutenção preventiva no período investigado, impactam respectivamente em valores ascendentes e finais de 75% e 89%, demonstrando uma baixa confiabilidade.

Entretanto, as taxonomias 1.4.6 e 1.4.9, com planos de 4000 h e 8000 h (consoante a TAB. A.26) no período investigado, culminaram respectivamente em patamares de 23% e 30%, salientando-se uma confiabilidade razoável. Não obstante, sobressaiu a taxonomia 1.4.6, que menos acrescenta de forma ponderada para a probabilidade de falha neste sistema, devido a frequente troca de elementos filtrantes.

Figura 5.16 - Gráfico da probabilidade de falha nas taxonomias 1.4.5 (Resfriadores), 1.4.6 (Filtros), 1.4.7 (Tubulações) e 1.4.9 (Óleo lubrificante) do sistema de lubrificação no compressor C

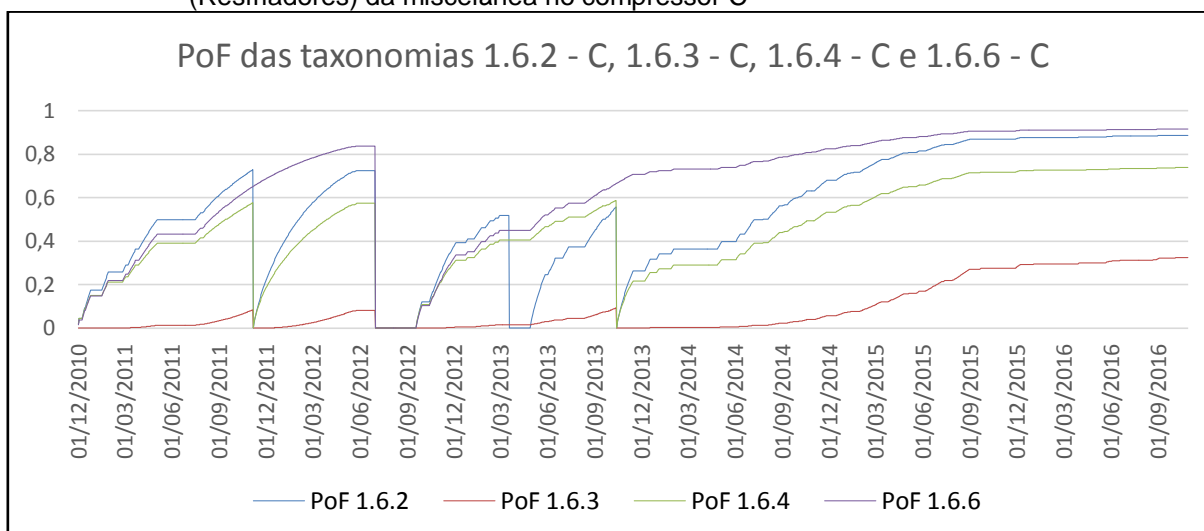


c) Miscelânea (taxonomia 1.6)

Nota-se que a probabilidade de falha das taxonomias 1.6.2, 1.6.3 e 1.6.4 (ver Figura 5.17), sendo o primeiro com plano de 2000 h acrescido dos seguintes para 4000 h e 8000 h (conforme a TAB. A.26), ascenderam até respectivamente valores de 72%, 10% e 59%, e revelaram uma confiabilidade razoável. Mas, realça-se aqui, a taxonomia 1.6.3 cujo menos colabora de forma ponderada para a probabilidade de falha neste sistema.

Contudo, a taxonomia 1.6.6 no período investigado, com plano de 8000 h, performou ao patamar de 83%, evidenciando uma confiabilidade baixa.

Figura 5.17 - Gráfico da probabilidade de falha nas taxonomias 1.6.2 (Tubulações, suporte de tubulação e foles), 1.6.3 (Válvulas de controle), 1.6.4 (Válvulas de isolamento) e 1.6.6 (Resfriadores) da miscelânea no compressor C



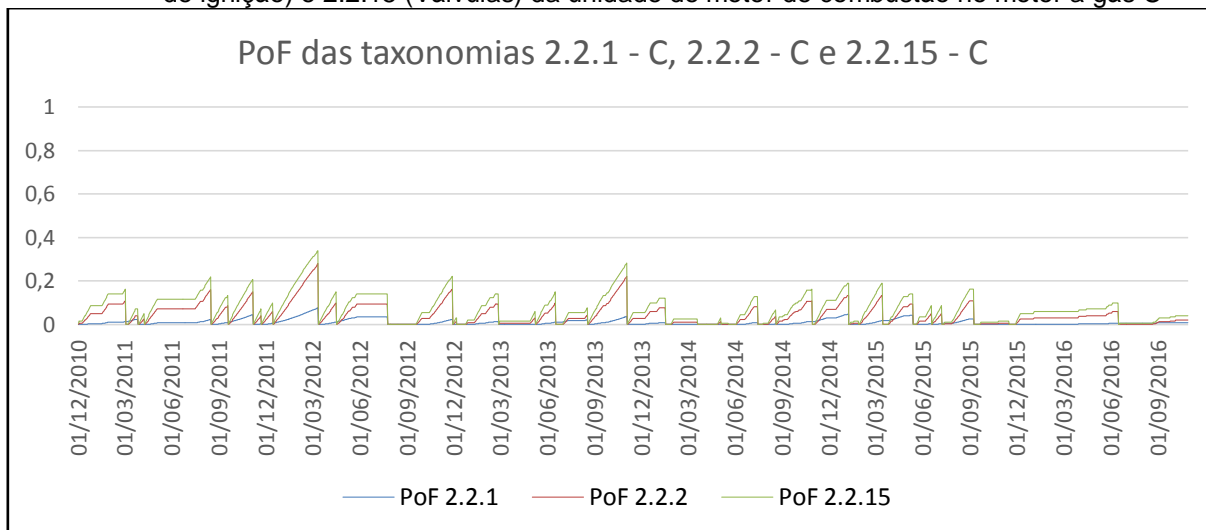
5.1.3.2 Resultados do Motor a Gás C

A seguir são discutidos os resultados das correlações de probabilidade de falha dos itens expostos no motor da unidade C:

a) Unidade de motor de combustão (taxonomia 2.2)

Constata-se que a probabilidade de falha das taxonomias 2.2.1, 2.2.2 e 2.2.15 (ver FIG. 5.18), sendo os posteriores com plano de 1000 h adicionado do primeiro para 2000 h, 4000 h e 8000 h (segundo a TAB. A.27) no período investigado, alcançando respectivamente valores de 6%, 27% e 32%, porém distingue-se a taxonomia 2.2.15, relacionada às trocas de válvulas, cujo mais coopera de forma ponderada para a probabilidade de falha neste sistema.

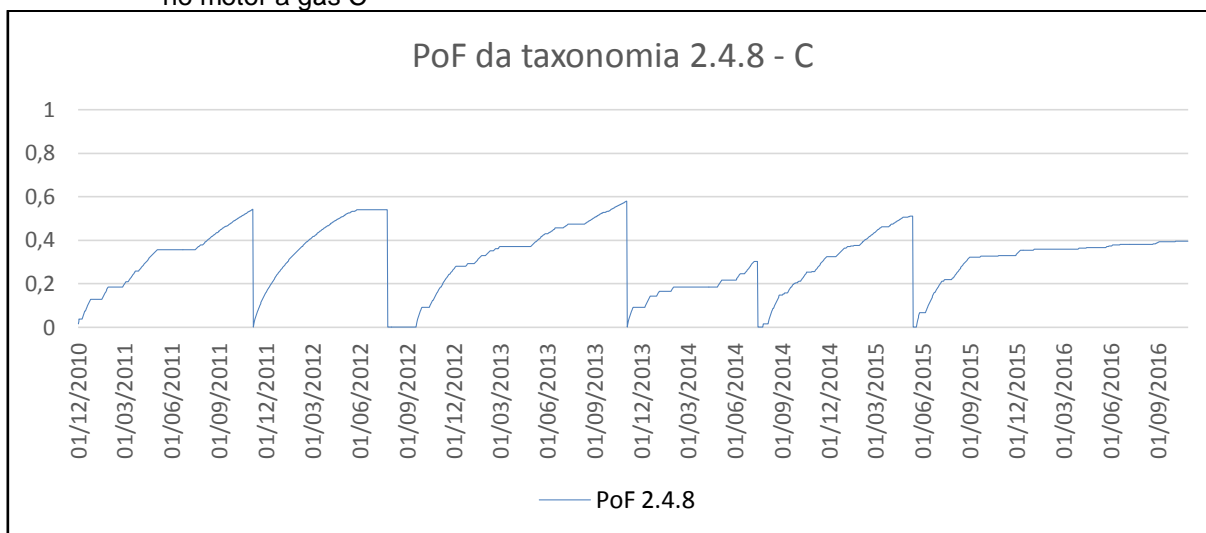
Figura 5.18 - Gráfico da probabilidade de falha nas taxonomias 2.2.1 (Entrada de ar), 2.2.2 (Sistema de ignição) e 2.2.15 (Válvulas) da unidade de motor de combustão no motor a gás C



b) Sistema de lubrificação (taxonomia 2.4)

Neste sistema em que a taxonomia 2.4.8 (ver FIG. 5.19), com planos de 4000 h e 8000 h (consoante a TAB. A.27), chegou ao patamar de 58%, indicando uma confiabilidade razoável.

Figura 5.19 - Gráfico da probabilidade de falha na taxonomia 2.4.8 (Óleo) do sistema de lubrificação no motor a gás C



De forma geral, a Unidade de Compressão C apresentou taxonomias com confiabilidade similar a unidade B, já evidenciados nos valores dos parâmetros de forma obtidos pela regressão de dados, desde exposto na TAB. 5.4.

Deve-se destacar que o tratamento das falhas através da distribuição de Weibull e a representação das falhas obtidas, permitiu identificar sistemas e componentes das unidades que demandam ação corretiva na sua estratégia de manutenção.

O efeito “serrote” na probabilidade de falha foi provocado pela seleção dos ciclos de operação onde o compressor e/ou o motor a gás apresentou maior disponibilidade no período considerado, na qual encontram-se evidenciadas as paradas por manutenções preventivas e corretivas, das taxonomias analisadas.

Dando prosseguimento a execução do modelo proposto neste texto, a seguir são apresentados e discutidos os resultados obtidos para as correlações de risco dinâmico desenvolvidas no Capítulo IV.

5.2 RISCO DINÂMICO

Da posse dos valores de probabilidade de falha em função do tempo obtidos para cada subitem, uma vez delineadas as consequências de suas falhas (conforme item 4.5) e de seus intensificadores (segundo o item 4.6), que são valores adimensionais e independentes do tempo embora de forma não contínua, pois estão incorporados na linha do tempo em momentos em que haja na dimensão da condição por alarmes, intertravamentos e não conformidades detectadas em preditivas de vibração e ferrografia; o risco dinâmico é calculado no período investigado em função das taxonomias inseridas no escopo desta análise.

Para isto, foi empregada a Equação (4.7) sendo o resultado numérico comparado aos limites de risco não tolerável, discutidos e estabelecidos no item 4.8.

Deve-se observar nos gráficos de risco a seguir, os momentos em que o equipamento está em funcionamento onde é destacado pela linha verde, sendo oriundo do ciclo de operação da máquina contemplado através da FIG. A.1 de uma forma mais ampla, por conjunto moto-compressor.

A indicação de algumas causas de desarmes, alarmes e intertravamentos por taxonomia, estão identificadas nas TAB. A.18 (Unidade de Compressão A), A.19 (Unidade de Compressão B) e A.20 (Unidade de Compressão C) do Apêndice A com a respectiva legenda do sintoma e categorização do evento.

Figura 5.20 - Destaque da Tabela A.18

Data do evento	Motivo do alarme	Motivo do intertravamento	Motivo do desarme	Taxonomia	Codificação*	Shutdown	Falsa indicação
05/02/2011			Vazamento de óleo lubrificante através dos flanges de fixação da PSV-1231605	1.3.9	A11	X	
11/02/2011			Vazamento no flange de 2" fixado ao compressor da linha de sucção de óleo lubrificante	1.4.7	A11	X	
03/05/2011			Manutenção preventiva no M-C-1231001A de 2000 h	2			
15/07/2011			Falha no ZAH-1231602 (Sensor de queda de haste -Rod Drop - carcaça cilindro B do C-1231001A)	1.3.6	A13	X	
20/07/2011			Reparo na linha lubrificação	1.6.6	A0	X	
29/07/2011			Substituição das garrafas de nitrogênio	1.6.2	A16		
30/07/2011	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
31/07/2011	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
01/08/2011	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
02/08/2011	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
02/08/2011			Máquina parou sem				
02/08/2011	Alarme do PIT-1231601A (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)						

Outro aspecto a se destacar também, é que o modelo de risco dinâmico considera dados de processo em seus intensificadores relacionados às taxonomias, seja através de alarmes ou intertravamentos na linha de tempo, onde estes provocam aumento do risco mesmo com uma máquina fora de operação, por serem iniciados através de sensores comuns às três unidades.

Desta forma, pode-se atentar que o risco dos equipamentos apresenta valores não nulos e até igualmente evoluindo em momentos que a unidade ou unidades estão desligadas.

5.2.1 Risco Dinâmico na Unidade de Compressão A

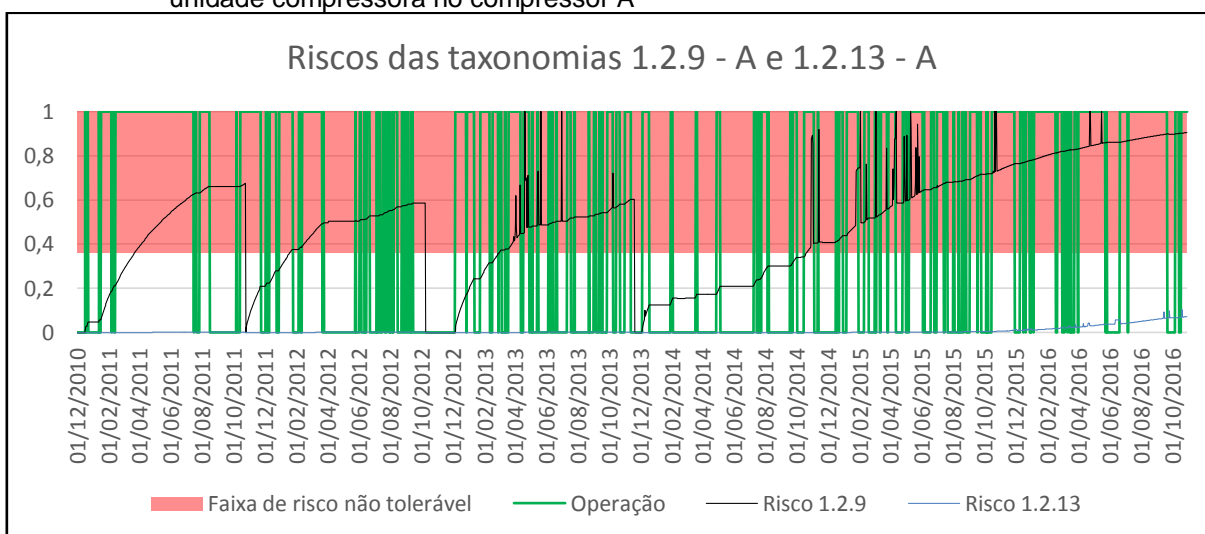
5.2.1.1 Resultados do Compressor A

A seguir serão discutidos os resultados das correlações do risco dinâmico dos itens analisados no compressor da unidade A, conforme a influência da probabilidade de falha discutida no item 5.1.1.1:

a) Unidade compressora (taxonomia 1.2)

Observa-se neste sistema o comportamento do risco dinâmico das taxonomias 1.2.9 e 1.2.13 (ver FIG. 5.21), sendo que esta última ficou dentro do limite tolerável adimensional de 0,36, enquanto que a taxonomia 1.2.9 atingiu o patamar final de 0,9 com picos de até 1, cujo é valor máximo definido para este modelo.

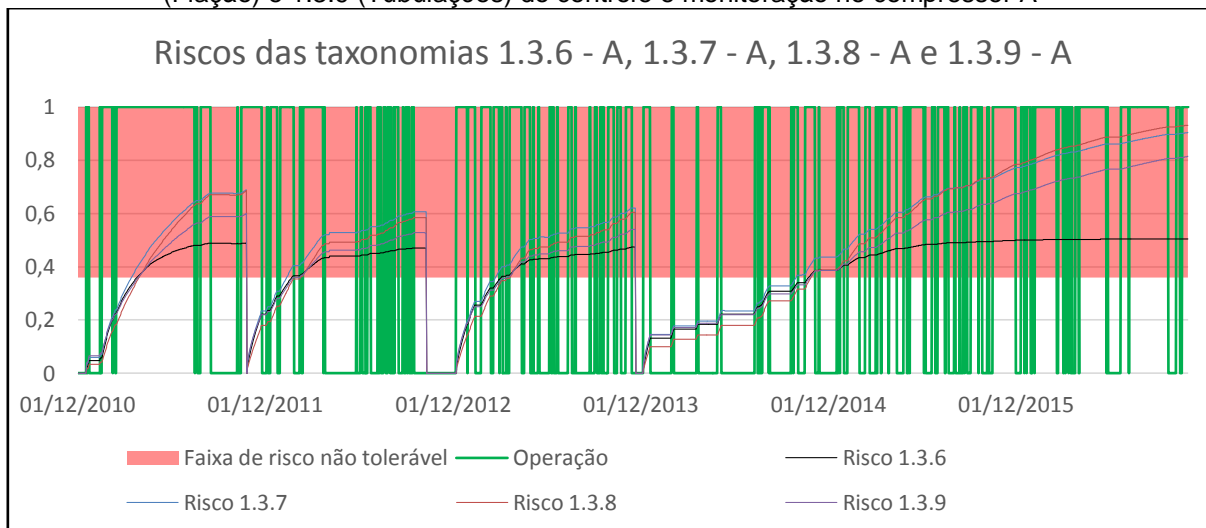
Figura 5.21 - Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.2.9 (Válvulas) e 1.2.13 (Engaxetamento) da unidade compressora no compressor A



b) Controle e monitoração (taxonomia 1.3)

Percebe-se que neste sistema, o risco das taxonomias 1.3.6, 1.3.7, 1.3.8 e 1.3.9 (ver FIG. 5.22) no período investigado, superou o limite tolerável impactando em valores próximos de 0,5, 0,9, 0,93 e 0,81 respectivamente, destacando-se as taxonomias 1.3.7 e 1.3.8.

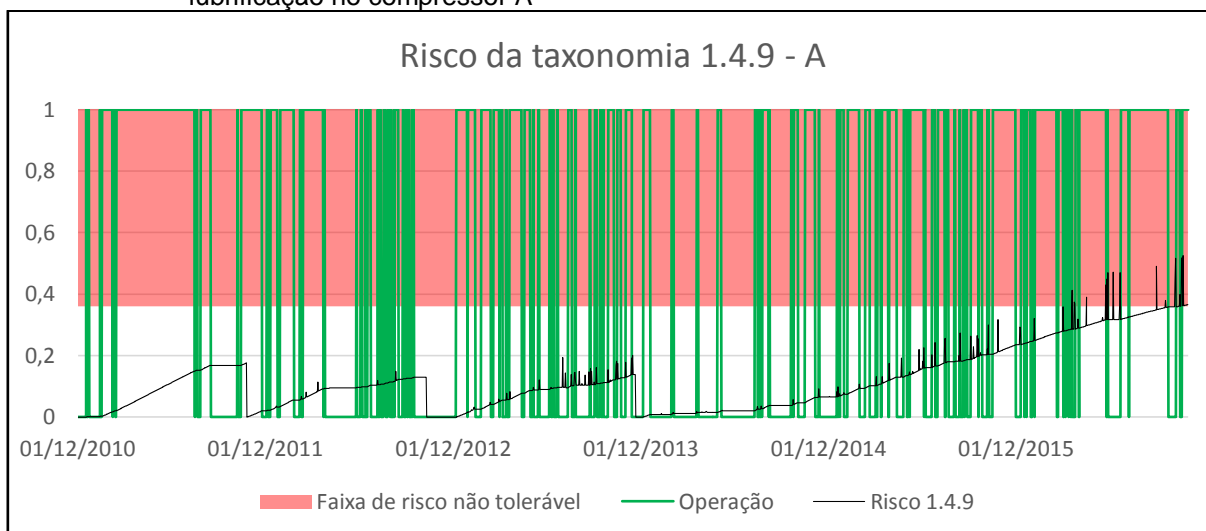
Figura 5.22 - Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.3.6 (Sensores), 1.3.7 (Válvulas), 1.3.8 (Fiação) e 1.3.9 (Tubulações) do controle e monitoração no compressor A



c) Sistema de lubrificação (taxonomia 1.4)

Nota-se neste sistema, que o risco da taxonomia 1.4.9 (ver FIG. 5.23) no período investigado, mantém-se no limite da faixa tolerável de 0,36 com picos de até aproximadamente 0,53.

Figura 5.23 - Gráfico do risco dinâmico na taxonomia 1.4.9 (Óleo lubrificante) do sistema de lubrificação no compressor A

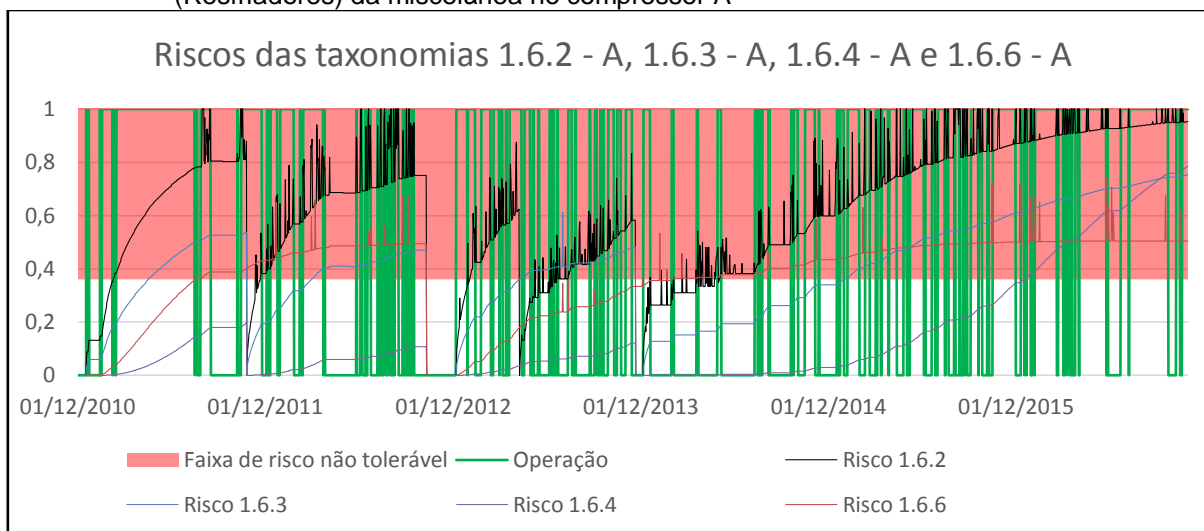


d) Miscelânea (taxonomia 1.6)

Constata-se que o risco dinâmico das taxonomias 1.6.2, 1.6.3, 1.6.4 e 1.6.6 (ver FIG. 5.24) no período investigado, ficou acima do limite tolerável, da ordem de 0,95 (com

picos de 1), 0,75 (com picos de 0,6), 0,78 e 0,5 (com picos de 0,72), respectivamente, sobressaindo-se a taxonomia 1.6.2, cujo mais contribuiu para o risco dinâmico neste sistema; enquanto a taxonomia 1.6.4 nos primeiros ciclos de operação permaneceu dentro do limite tolerável.

Figura 5.24 - Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.6.2 (Tubulações, suporte de tubulação e foles), 1.6.3 (Válvulas de controle), 1.6.4 (Válvulas de isolamento) e 1.6.6 (Resfriadores) da miscelânea no compressor A



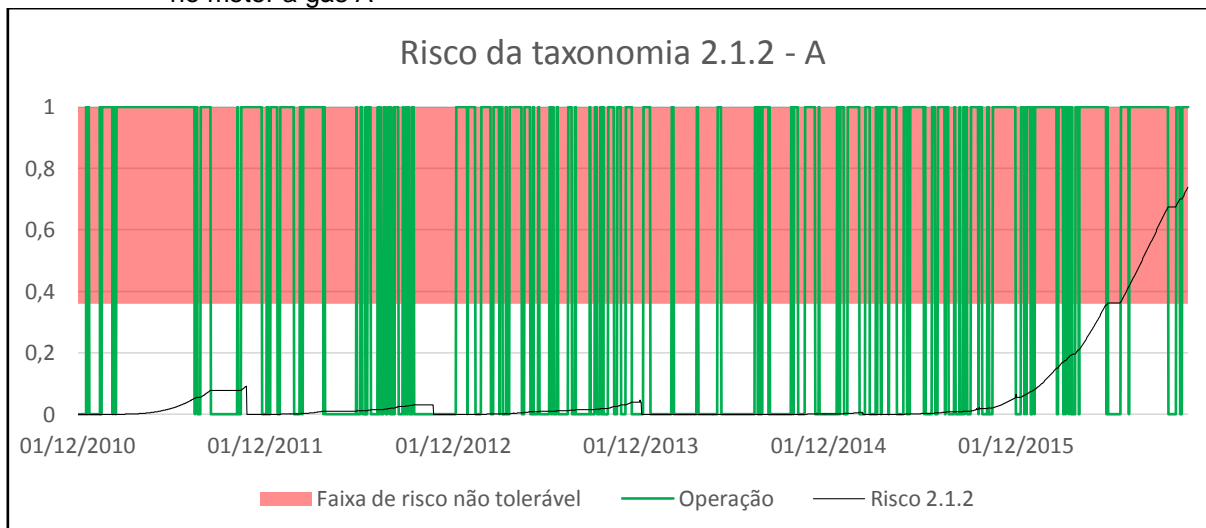
5.2.1.2 Resultados do Motor a Gás A

A seguir são esmiuçados os resultados das correlações do risco dinâmico dos itens analisados do motor a gás da unidade A, conforme a influência da probabilidade de falha discutida no item 5.1.1.2:

a) Sistema de partida (taxonomia 2.1)

Neste sistema, o risco dinâmico na taxonomia 2.1.2 (ver FIG. 5.25), no período investigado, demonstrou que supera o limite tolerável no último ciclo de operação chegando a aproximadamente 0,74.

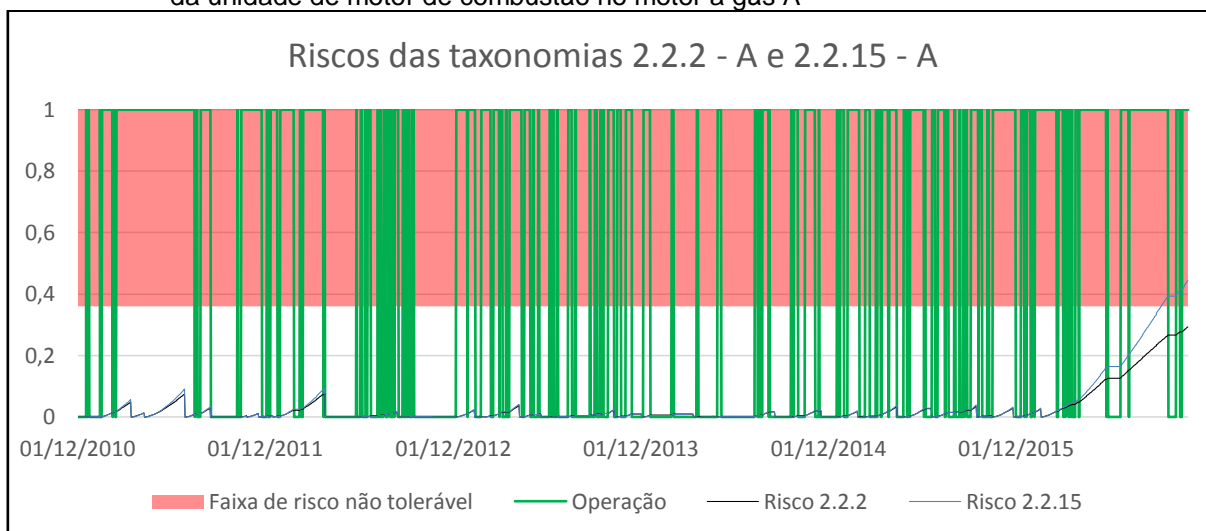
Figura 5.25 - Gráfico do risco dinâmico na taxonomia 2.1.2 (Unidade de partida) do sistema de partida no motor a gás A



b) Unidade de motor de combustão (taxonomia 2.2)

Repara-se que neste sistema, o risco dinâmico das taxonomias 2.2.2 e 2.2.15 (ver FIG. 5.26) no período investigado, operou dentro da região do limite tolerável, porém a taxonomia 2.2.15 no último ciclo excedeu este limite alcançando 0,45.

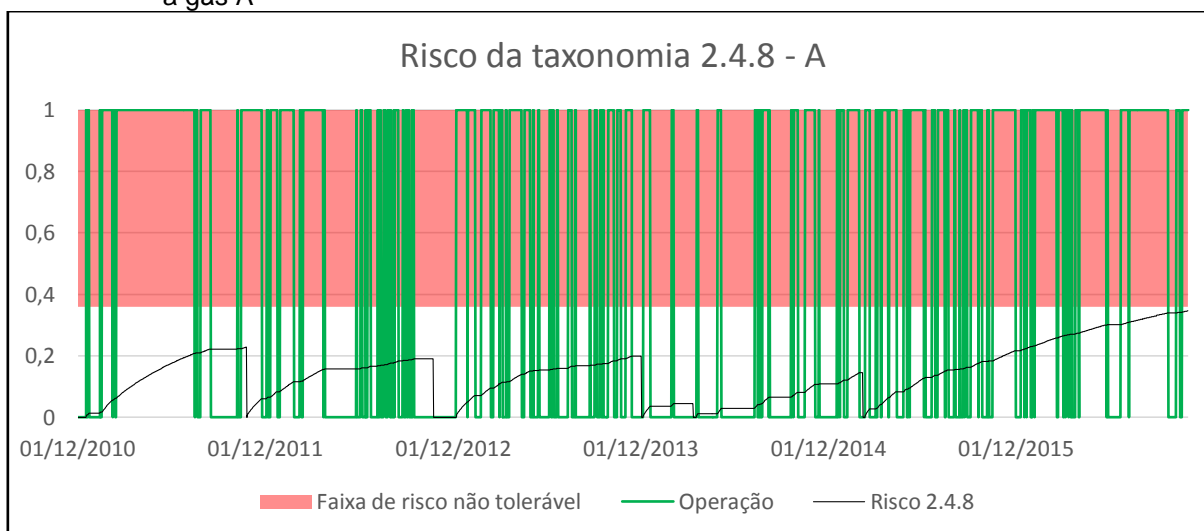
Figura 5.26 - Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 2.2.2 (Sistema de ignição) e 2.2.15 (Válvulas) da unidade de motor de combustão no motor a gás A



c) Sistema de lubrificação (taxonomia 2.4)

Atenta-se que neste sistema, o risco dinâmico da taxonomia 2.4.8 (FIG. 5.27), funcionou dentro do limite tolerável.

Figura 5.27 - Gráfico do risco dinâmico na taxonomia 2.4.8 (Óleo) do sistema de lubrificação no motor a gás A



De forma geral, a Unidade Compressora A apresentou taxonomias com risco dinâmico elevado nos itens do compressor de até 1, destacando-se que as consequências de falha para os modos de falha: vazamento de gás ao meio externo que é o mais severo, regulagem e avaria de válvulas repercutindo até na área de controle, e cabiamento de monitoramento defeituoso podendo estar ligado à instalação nova.

Outro aspecto a ser observado são as taxonomias que atingem valores de risco dinâmico maiores e até máximos nos distintos ciclos de operação, o fazem uma vez onde a função probabilidade de falha utilizada no cálculo do risco é crescente em função do tempo, ou seja, equipamentos ou subitens cujo operam mais, comparativamente tem seu risco aumentado pela probabilidade de falha e seus intensificadores de processo e manutenção devido à exposição na linha do tempo maior.

5.2.2 Risco Dinâmico na Unidade de Compressão B

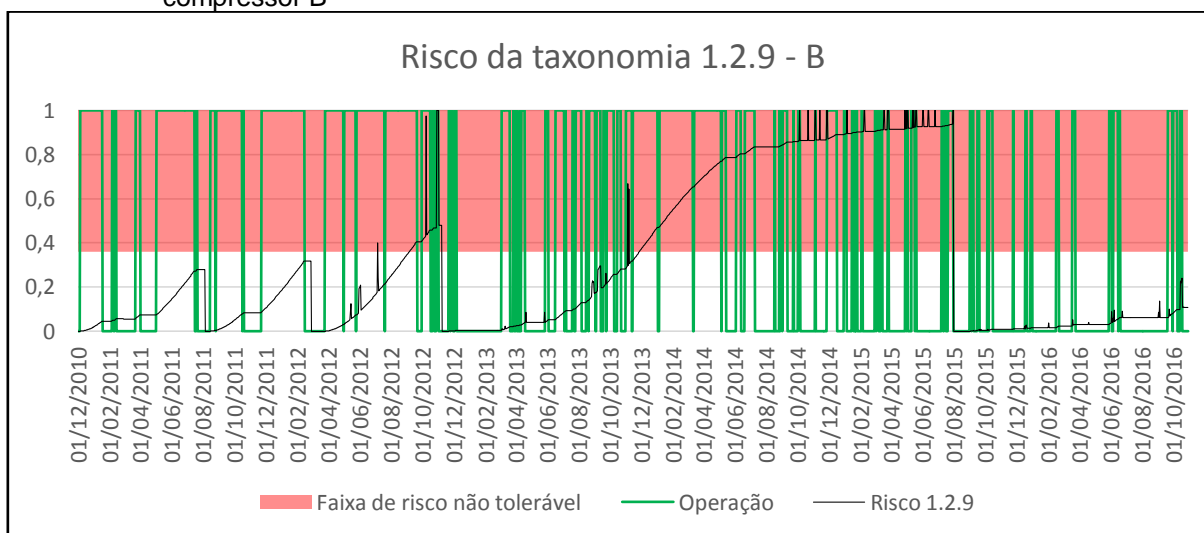
5.2.2.1 Resultados do Compressor B

A seguir serão esmiuçados os resultados das correlações do risco dinâmico dos itens analisados no compressor da unidade B, conforme a influência da probabilidade de falha discutida no item 5.1.2.1:

a) Unidade compressora (taxonomia 1.2)

Observa-se que neste sistema, o risco dinâmico da taxonomia 1.2.9 (ver FIG. 5.28), atingiu o patamar de aproximadamente 0,93 (com picos de 1).

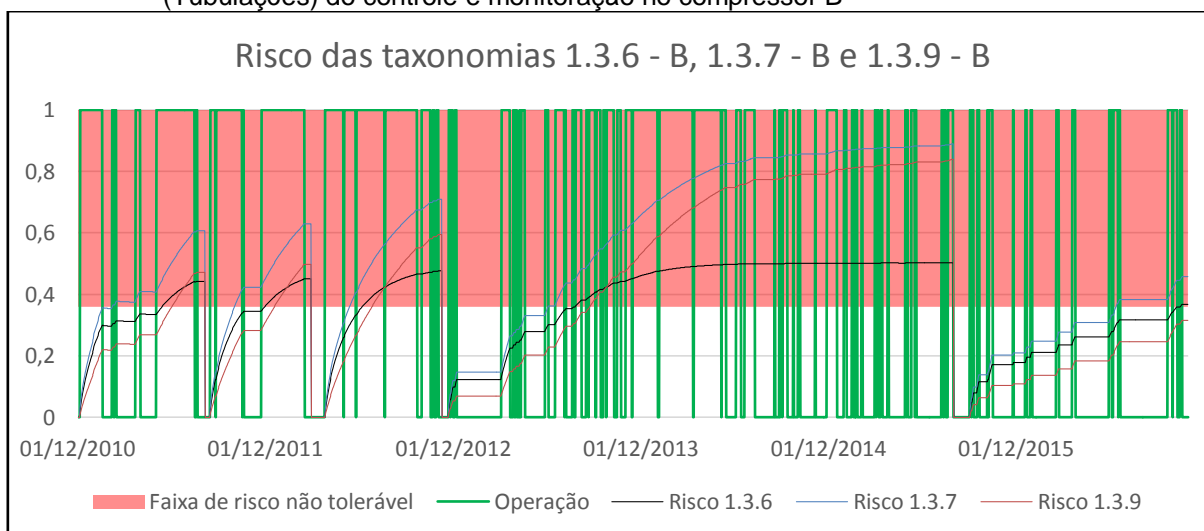
Figura 5.28 - Gráfico do risco dinâmico na taxonomia 1.2.9 (Válvulas) da unidade compressora no compressor B



b) Controle e monitoração (taxonomia 1.3)

Percebe-se que o risco dinâmico das taxonomias 1.3.6, 1.3.7 e 1.3.9 (ver FIG. 5.29) no período investigado, impactou respectivamente valores próximos de 0,5, 0,88 e 0,84.

Figura 5.29 - Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.3.6 (Sensores), 1.3.7 (Válvulas) e 1.3.9 (Tubulações) do controle e monitoração no compressor B

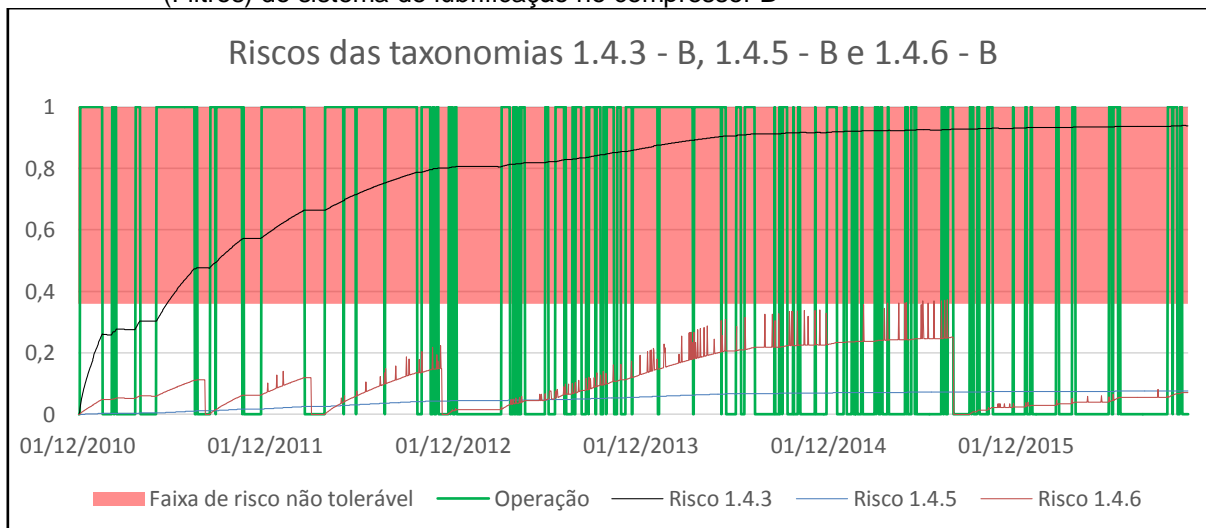


c) Sistema de lubrificação (taxonomia 1.4)

Nota-se que o risco dinâmico das taxonomias 1.4.3, 1.4.5 e 1.4.6 (ver FIG. 5.30), no período investigado, culminou em patamares de aproximadamente 0,94, 0,08 e 0,25 (estes últimos estão dentro do limite tolerável) respectivamente; enquanto a taxonomia 1.4.6 apresentou valor de 0,37 relacionado aos picos de perda de carga elevadas dos elementos filtrantes.

Destaca-se aqui a taxonomia 1.4.3, cujo mais contribuiu para o cálculo do risco neste sistema, distinto do que fora observado nos demais casos da probabilidade de falha devido ao efeito da consequência de falha e em função da ausência de manutenções preventivas.

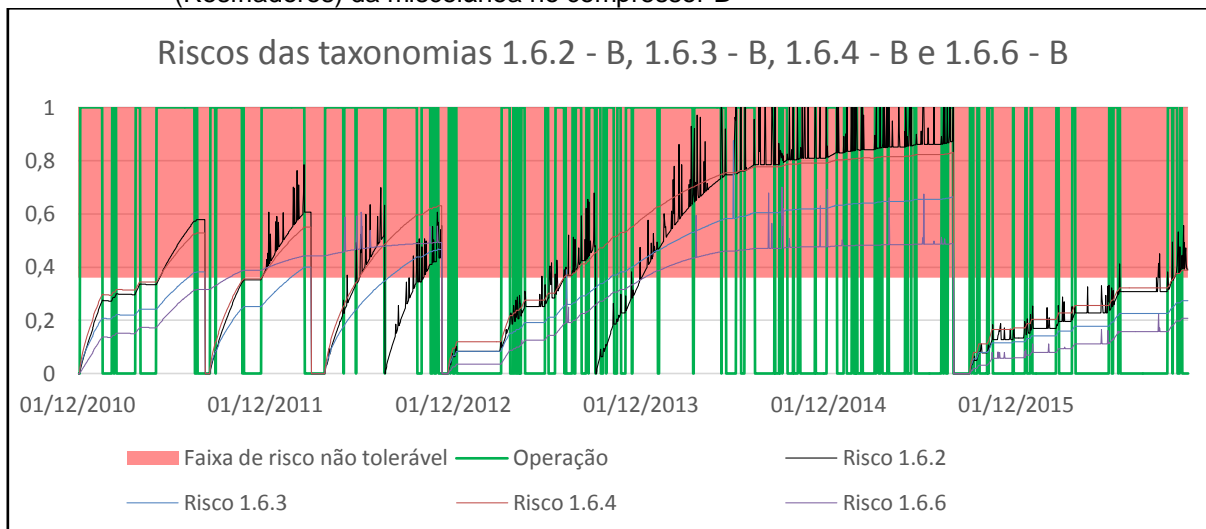
Figura 5.30 - Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.4.3 (Motor), 1.4.5 (Resfriadores) e 1.4.6 (Filtros) do sistema de lubrificação no compressor B



d) Miscelânea (taxonomia 1.6)

Constata-se que o risco dinâmico das taxonomias 1.6.2, 1.6.3, 1.6.4 e 1.6.6 (ver FIG. 5.31) no período investigado, alcançou respectivamente valores próximos de 0,85 (com picos de 1), 0,65 (com picos de 0,9), 0,83 e 0,49 (com picos de 0,7), cuja taxonomia 1.6.2 colabora mais significativamente para o cálculo do risco neste sistema.

Figura 5.31 - Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.6.2 (Tubulações, suporte de tubulação e foles), 1.6.3 (Válvulas de controle), 1.6.4 (Válvulas de isolamento) e 1.6.6 (Resfriadores) da miscelânea no compressor B



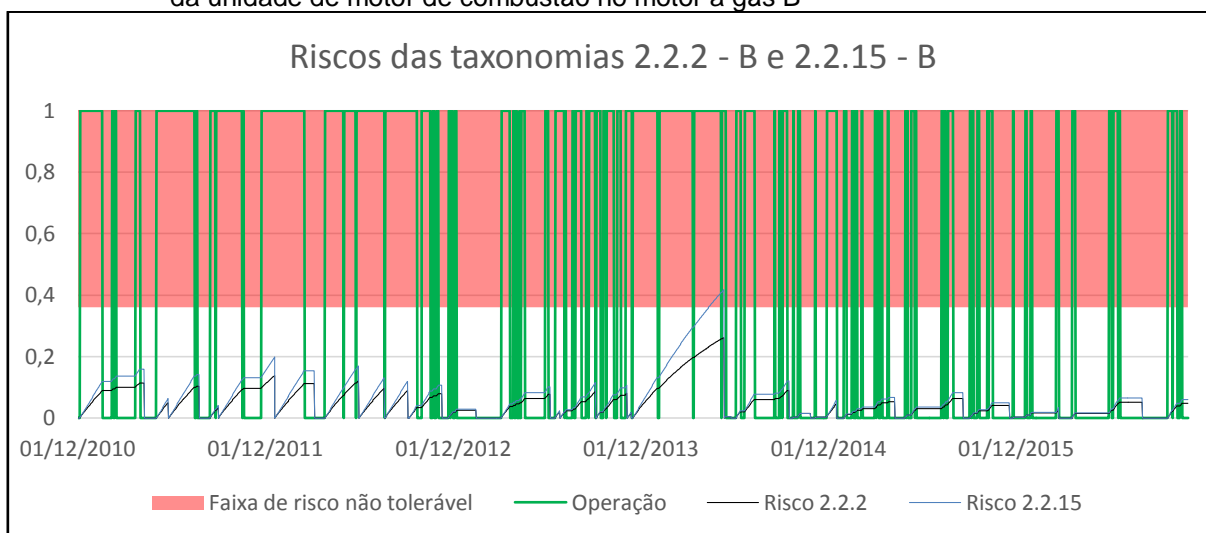
5.2.2.2 Resultados do Motor a Gás B

A seguir são discutidos os resultados das correlações do risco dinâmico dos itens relacionados no motor da unidade B:

a) Unidade de motor de combustão (taxonomia 2.2)

Repara-se que o risco dinâmico das taxonomias 2.2.2 e 2.2.15 (ver FIG. 5.32) no período investigado, ascende patamares próximos respectivamente de 0,25 (dentro do limite tolerável) e 0,42, destacando-se a taxonomia 2.2.15, cujo mais coopera para o cálculo do risco neste sistema.

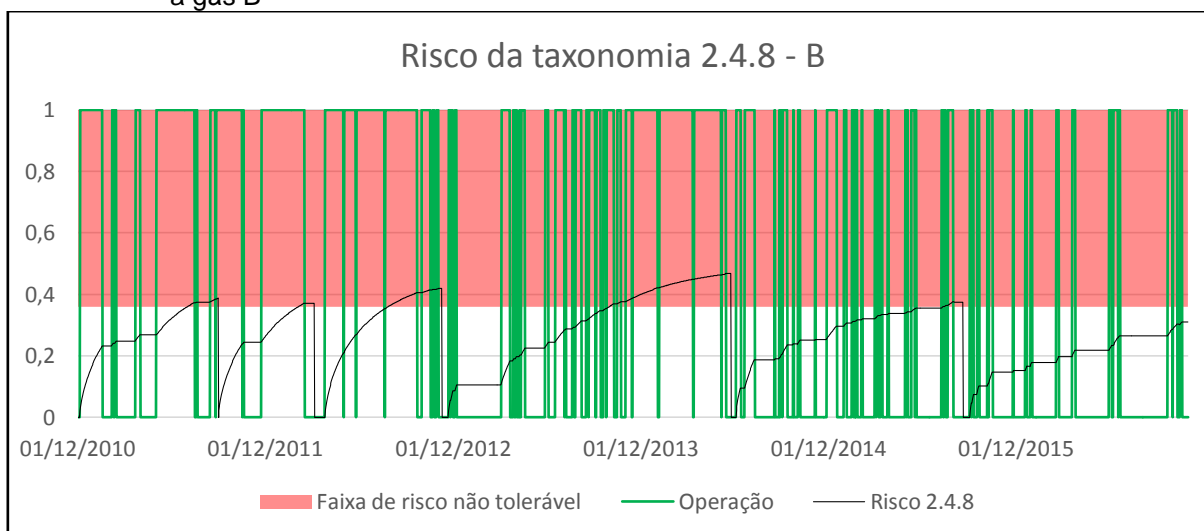
Figura 5.32 - Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 2.2.2 (Sistema de ignição) e 2.2.15 (Válvulas) da unidade de motor de combustão no motor a gás B



b) Sistema de lubrificação (taxonomia 2.4)

Ainda neste sistema, o risco dinâmico da taxonomia 2.4.8 (ver FIG. 5.33), no período investigado, performa o valor de aproximadamente 0,46 e a mesma participa significativamente no cálculo do risco.

Figura 5.33 - Gráfico do risco dinâmico na taxonomia 2.4.8 (Óleo) do sistema de lubrificação no motor a gás B



De maneira geral, a Unidade Compressora B apresentou taxonomias com risco dinâmico elevado nos itens do compressor de forma similar ao da unidade A, mas comparativamente com patamares menores e menos picos em suas taxonomias.

Porém, destacam-se as consequências de falha para os modos de falha: vazamento de gás ao meio externo que é o mais severo, regulagem de válvulas repercutindo até na área de controle, e, tubulações com indicativo de monitoramento por vazamento além de válvulas dando passagem, podendo estar ligados à instalação nova. Por outro lado, itens sem manutenção programada também impactaram no resultado.

5.2.3 Risco Dinâmico na Unidade de Compressão C

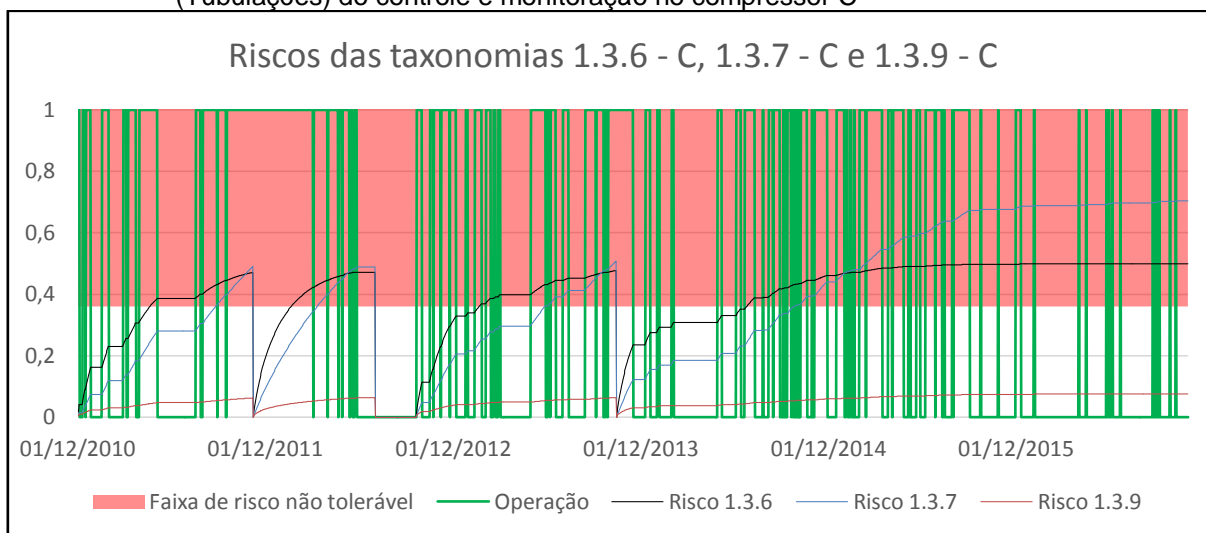
5.2.3.1 Resultados do Compressor C

A seguir serão discutidos os resultados das correlações do risco dinâmico dos itens analisados do compressor da unidade C:

a) Controle e monitoração (taxonomia 1.3)

Observa-se que o risco dinâmico das taxonomias 1.3.6, 1.3.7 e 1.3.9 (ver FIG. 5.34) no período investigado, atingiu respectivamente patamares finais em torno de 0,5, 0,7 e 0,08 (dentro do limite), destacando-se a taxonomia 1.3.7, cujo mais contribuiu para o cálculo do risco neste sistema.

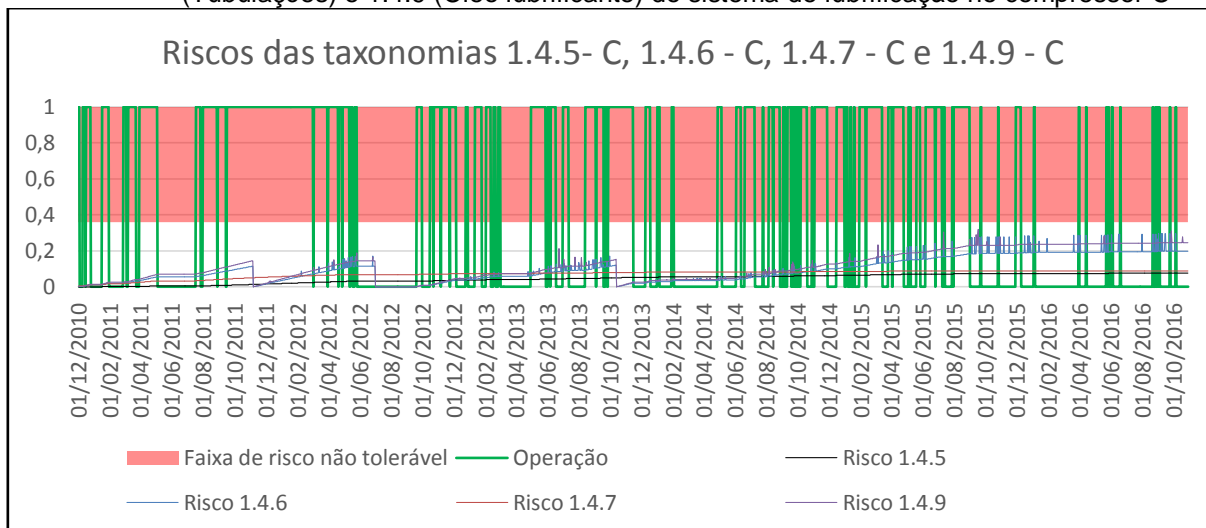
Figura 5.34 - Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.3.6 (Sensores), 1.3.7 (Válvulas) e 1.3.9 (Tubulações) do controle e monitoração no compressor C



b) Sistema de lubrificação (taxonomia 1.4)

Percebe-se neste sistema, que o risco dinâmico das taxonomias 1.4.5, 1.4.6, 1.4.7 e 1.4.9 (ver FIG. 5.35), impactou respectivamente valores finais próximos de 0,08, 0,2 (com picos de até 0,32), 0,09 e 0,25 (com picos de até 0,32), todos dentro da tolerância, demonstrando uma boa confiabilidade.

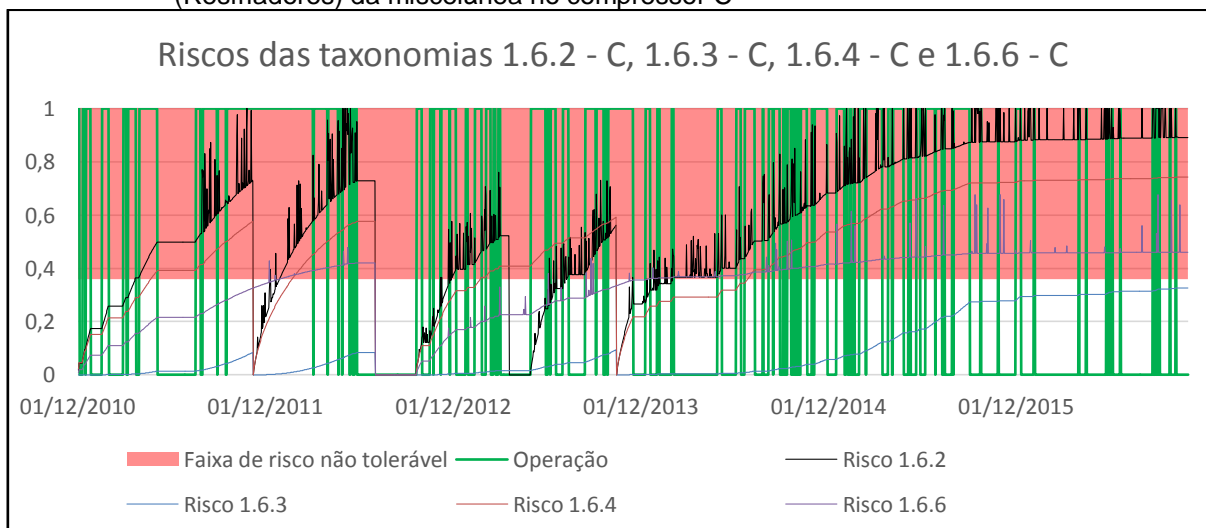
Figura 5.35 - Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.4.5 (Resfriadores), 1.4.6 (Filtros), 1.4.7 (Tubulações) e 1.4.9 (Óleo lubrificante) do sistema de lubrificação no compressor C



c) Miscelânea (taxonomia 1.6)

Nota-se que o risco dinâmico das taxonomias 1.6.2, 1.6.3, 1.6.4 e 1.6.6 (ver FIG. 5.36), culminou respectivamente para patamares finais em torno de 0,9 (com picos de até 1), 0,33, 0,75 e 0,45 (com picos de até 0,68), sobressaindo-se a taxonomia 1.6.2, cujo mais acrescenta de forma ponderada para o cálculo do risco neste sistema.

Figura 5.36 - Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.6.2 (Tubulações, suporte de tubulação e foles), 1.6.3 (Válvulas de controle), 1.6.4 (Válvulas de isolamento) e 1.6.6 (Resfriadores) da miscelânea no compressor C



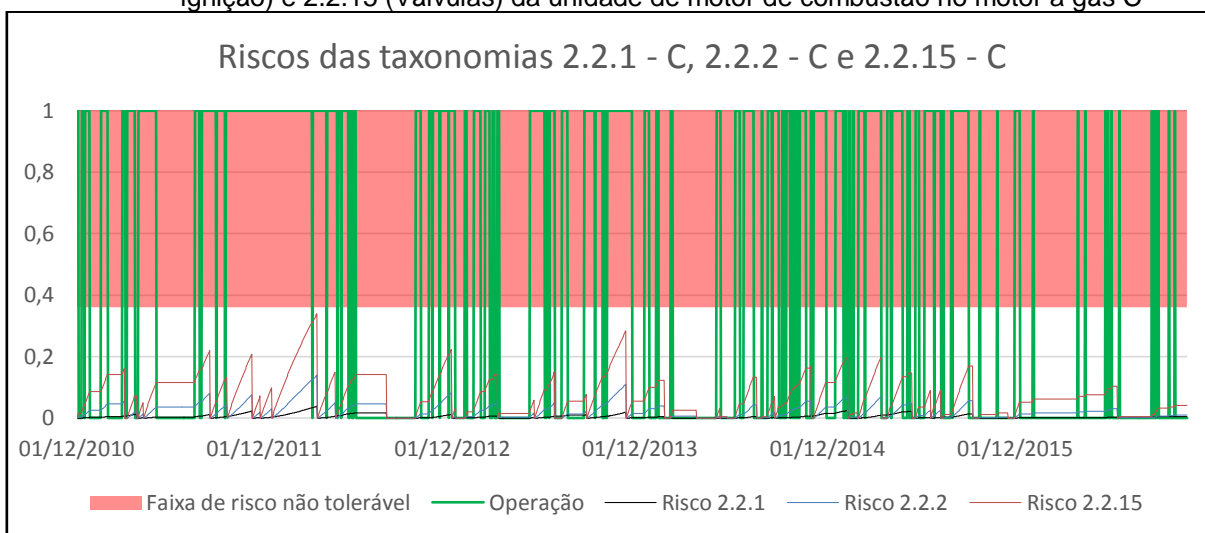
5.2.3.2 Resultados do Motor a Gás C

A seguir são discutidos os resultados das correlações do risco dinâmico dos itens analisados no motor da unidade C:

a) Unidade de motor de combustão (taxonomia 2.2)

Repara-se que o risco dinâmico das taxonomias 2.2.1, 2.2.2 e 2.2.15 (ver FIG. 5.37), alcançando respectivamente valores próximos de 0,04, 0,13 e 0,34, todos dentro da tolerância, porém realça-se a taxonomia 2.2.15, relacionadas às trocas de válvulas, a quem mais colaborou de forma ponderada para o cálculo do risco neste sistema.

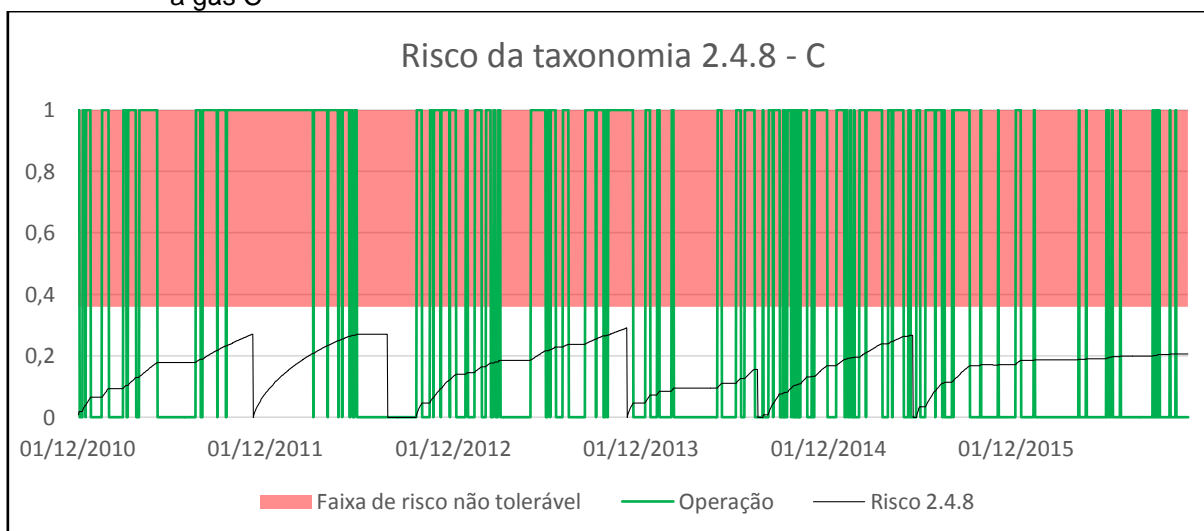
Figura 5.37 - Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 2.2.1 (Entrada de ar), 2.2.2 (Sistema de ignição) e 2.2.15 (Válvulas) da unidade de motor de combustão no motor a gás C



b) Sistema de lubrificação (taxonomia 2.4)

Neste sistema, a taxonomia 2.4.8 (ver FIG. 5.38), atingiu o patamar aproximadamente de 0,29 que está dentro da tolerância.

Figura 5.38 - Gráfico do risco dinâmico na taxonomia 2.4.8 (Óleo) do sistema de lubrificação no motor a gás C



De uma forma geral, a Unidade de Compressão C apresentou taxonomias com risco elevado nos itens do compressor, entretanto, destacam-se as consequências de falha para os modos de falha: vazamento de gás ao meio externo que é o mais severo, problemas na área de controle ligados à válvulas além de válvulas dando passagem, este podendo estar ligado à instalação nova.

5.3 RISCO DINÂMICO GLOBAL

Assim, uma vez avaliadas as taxonomias de todas as unidades moto-compressoras, pode-se então apresentar a análise global de cada máquina.

Ao se comparar o resultado entre as três unidades, observa-se que a Unidade B mostra um nível de risco superior que a Unidade A, onde expõe resultados de confiabilidade inferiores, enquanto a Unidade C exhibe os menores níveis.

Este comportamento é justificado pelos seguintes aspectos:

a) As unidades que operaram menos, como no caso da Unidade A, vide trecho de parada, ostentam menor exposição aos modos de falhas e suas consequências;

b) As unidades que operaram por maior tempo, tais como a B e C, estão mais expostas ao risco de parâmetros de processo que excedem limites de alarmes e intertravamentos, correlacionados pelos fatores intensificadores deste modelo de risco dinâmico, já discutido no item 4.6.

Deve-se destacar que o modelo proposto de risco dinâmico cumpriu seu papel em ser uma ferramenta de tomada de decisão na qual tange a identificação de falhas, seja como os riscos associados a cada taxonomia ao longo da linha de tempo, ou mesmo uma ferramenta de predição para o médio e longo prazo, e de intervenção no curto prazo para seu usuário, seja este da operação ou manutenção, conforme exemplos dos valores dos riscos dinâmicos demonstrados por taxonomia para a data 30/10/2016, nas TAB. 5.5 (Unidade A), 5.6 (Unidade B) e 5.7 (Unidade C).

Tabela 5.5 - Valores de risco dinâmico da unidade moto-compressor A (30/10/2016)

Sub Sistema	Equipamento	Componente	Taxonomia	β	η	Obtido em 30/10/2016	
						Probabilidade de Falha	Risco Dinâmico
Compressor A	Unidade compressora	Válvulas	1.2.9	0,777149	191,8049	0,898073872	0,905142046
		Engaxetamento	1.2.13	4,333592	528,2254	0,710315582	0,071590603
	Controle e monitoração	Sensores	1.3.6	0,885131	53,891813	0,999621136	0,503744262
		Válvulas	1.3.7	0,728982	180,161716	0,896783355	0,903841372
		Fiação	1.3.8	0,875583	187,667404	0,92453888	0,931815344
		Tubulações	1.3.9	0,645352	255,607718	0,807817532	0,814175355
	Sistema de lubrificação	Óleo lubrificante	1.4.9	1,174523	445,702838	0,725775982	0,365744054
	Miscelânea	Tubulações, suporte de tubulação e foles	1.6.2	0,61369	98,074076	0,944811372	0,952247387
		Válvulas de controle	1.6.3	0,632191	335,436883	0,747117337	0,752997427
		Válvulas de isolamento	1.6.4	2,056217	454,258503	0,779007986	0,785139067
Resfriadores		1.6.6	1,494503	159,632299	0,999929449	0,503899632	
Motor de Combustão A	Sistema de partida	Unidade de partida	2.1.2	3,539743	418,616328	0,693729446	0,738372221
	Unidade de motor de combustão	Sistema de ignição	2.2.2	1,535893	256,444617	0,551251123	0,293362577
		Válvulas	2.2.15	1,664003	321,247698	0,417654235	0,444531058
	Sistema de lubrificação	Óleo	2.4.8	0,770474	411,40318	0,650515432	0,346188653

Neste caso, as taxonomias 1.2.9, 1.3.7, 1.3.8 e 1.6.2 mostraram-se as que mais afetam o risco da Unidade A.

Tabela 5.6 - Valores de risco dinâmico da unidade moto-compressor B (30/10/2016)

Sub Sistema	Equipamento	Componente	Taxonomia	β	η	Obtido em 30/10/2016	
						Probabilidade de Falha	Risco Dinâmico
Compressor B	Unidade compressora	Válvulas	1.2.9	1,765506	256,025755	0,105744409	0,10677248
	Controle e monitoração	Sensores	1.3.6	0,803471	53,564796	0,726509779	0,366786534
		Válvulas	1.3.7	0,703526	151,402939	0,453557903	0,457967494
		Tubulações	1.3.9	0,87058	228,911481	0,312120708	0,315155215
	Sistema de lubrificação	Motor	1.4.3	0,711346	253,375186	0,930126219	0,939169113
		Resfriador	1.4.5	1,249027	762,342392	0,755542399	0,076288795
		Filtros	1.4.6	0,845623	691,836293	0,140187057	0,070774993
	Miscelânea	Tubulações, suporte de tubulação e foles	1.6.2	0,909868	161,21566	0,388833058	0,39261338
		Válvulas de controle	1.6.3	0,67869	402,23484	0,271634849	0,274275743
		Válvulas de isolamento	1.6.4	0,70715	205,432941	0,384771113	0,388511944
Resfriadores		1.6.6	1,039982	136,802324	0,410098095	0,20704258	
Motor de Combustão B	Unidade de motor de combustão	Sistema de ignição	2.2.2	0,965595	237,552192	0,09162359	0,047805456
		Válvulas	2.2.15	1,048946	312,924871	0,057101788	0,059586774
	Sistema de lubrificação	Óleo	2.4.8	0,702288	85,929208	0,59357578	0,309703659

Assim sendo, a taxonomia 1.4.3 é a que mais afeta o risco da Unidade B.

Tabela 5.7 - Valores de risco dinâmico da unidade moto-compressor C (30/10/2016)

Sub Sistema	Equipamento	Componente	Taxonomia	β	η	Obtido em 30/10/2016	
						Probabilidade de Falha	Risco Dinâmico
Compressor C	Controle e monitoração	Sensores	1.3.6	0,83863	55,105758	0,992417983	0,498965708
		Válvulas	1.3.7	0,91238	297,920663	0,699873712	0,703761899
		Tubulações	1.3.9	0,549286	195,669408	0,75546904	0,075966609
	Sistema de lubrificação	Resfriador	1.4.5	1,431561	763,231719	0,746961874	0,075111166
		Filtros	1.4.6	1,019573	721,720837	0,39288202	0,197532349
		Tubulações	1.4.7	0,713635	319,158207	0,887288527	0,089221791
		Óleo lubrificante	1.4.9	1,056944	531,599125	0,489346112	0,246032351
	Miscelânea	Tubulações, suporte de tubulação e foles	1.6.2	0,806672	139,01324	0,886805215	0,891731911
		Válvulas de controle	1.6.3	2,338904	544,495442	0,324566199	0,326369344
		Válvulas de isolamento	1.6.4	0,697804	240,13742	0,737975777	0,742075643
Resfriadores		1.6.6	0,790443	180,903555	0,915451288	0,460268564	
Motor de Combustão C	Unidade de motor de combustão	Entrada de ar	2.2.1	1,589903	531,93405	0,009752034	0,005083699
		Sistema de ignição	2.2.2	1,173115	225,025459	0,019754444	0,010297919
		Válvulas	2.2.15	0,972462	214,328263	0,04003975	0,041745147
	Sistema de lubrificação	Óleo	2.4.8	0,728703	270,896041	0,396329173	0,20660493

Outrossim, as taxonomias 1.3.7, 1.6.2 e 1.6.4 mostraram-se as que mais afetam o risco da Unidade C.

Carece adicionar que o modelo aponta os itens que contribuem para o risco do equipamento visando à mitigação, conforme apresentado.

5.4 REDUÇÃO DA ESCALA DE TEMPO

A possibilidade do uso da ferramenta de monitoramento fica mais evidente e validada ao reduzir a escala de tempo nos gráficos de risco dinâmico de cada unidade com as taxonomias que mais contribuíram para o seu aumento no período de 01/08/2016 a 30/10/2016.

Figura 5.39 - Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.2.9 (Válvulas) e 1.2.13 (Engaxetamento) da unidade compressora no compressor A para o período de 01/08/2016 a 30/10/2016

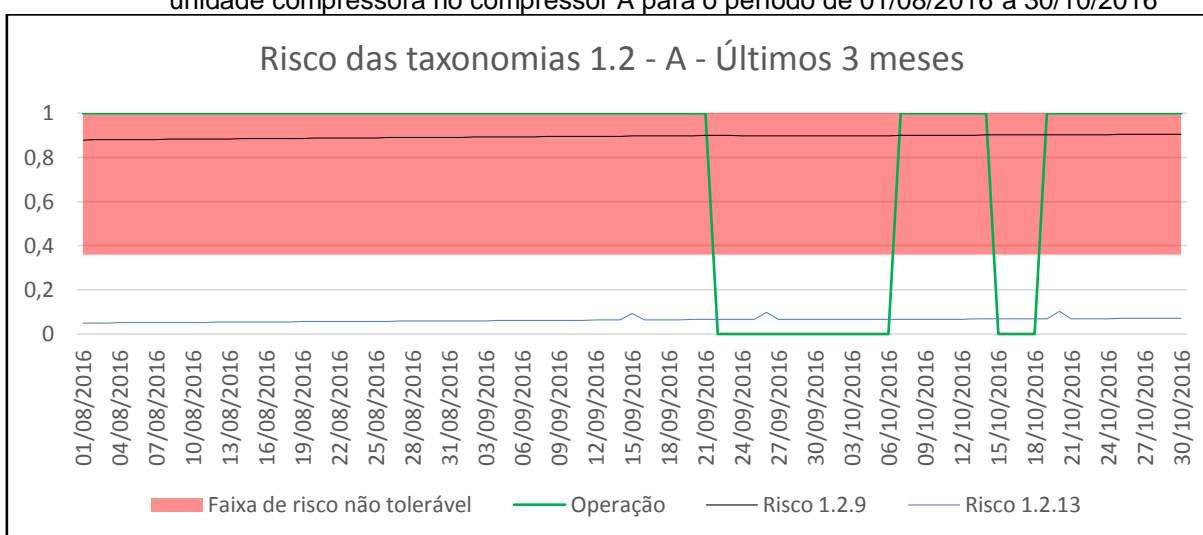


Figura 5.40 - Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.3.6 (Sensores), 1.3.7 (Válvulas), 1.3.8 (Fiação) e 1.3.9 (Tubulações) do controle e monitoração no compressor A para o período de 01/08/2016 a 30/10/2016

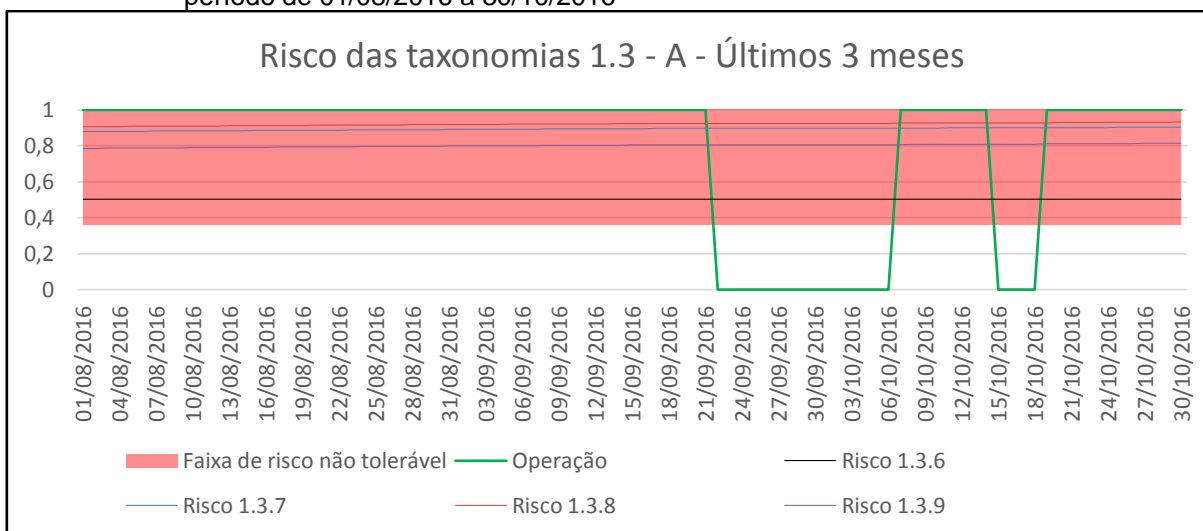


Figura 5.41 - Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.6.2 (Tubulações, suporte de tubulação e foles), 1.6.3 (Válvulas de controle), 1.6.4 (Válvulas de isolamento) e 1.6.6 (Resfriadores) da miscelânea no compressor A para o período de 01/08/2016 a 30/10/2016

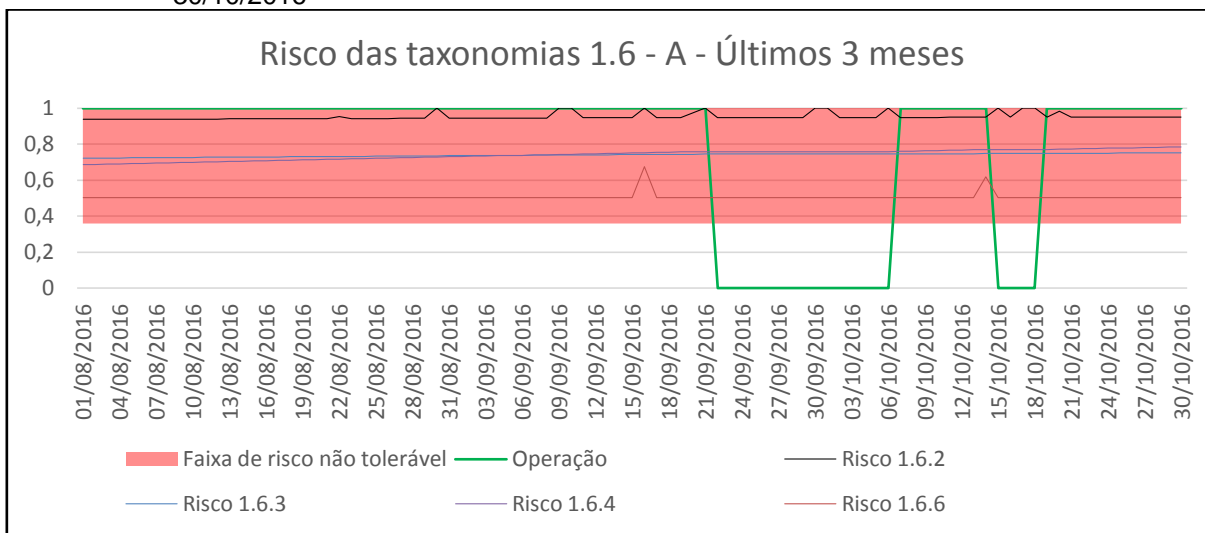


Figura 5.42 - Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.4.3 (Motor), 1.4.5 (Resfriadores) e 1.4.6 (Filtros) do sistema de lubrificação no compressor B para o período de 01/08/2016 a 30/10/2016

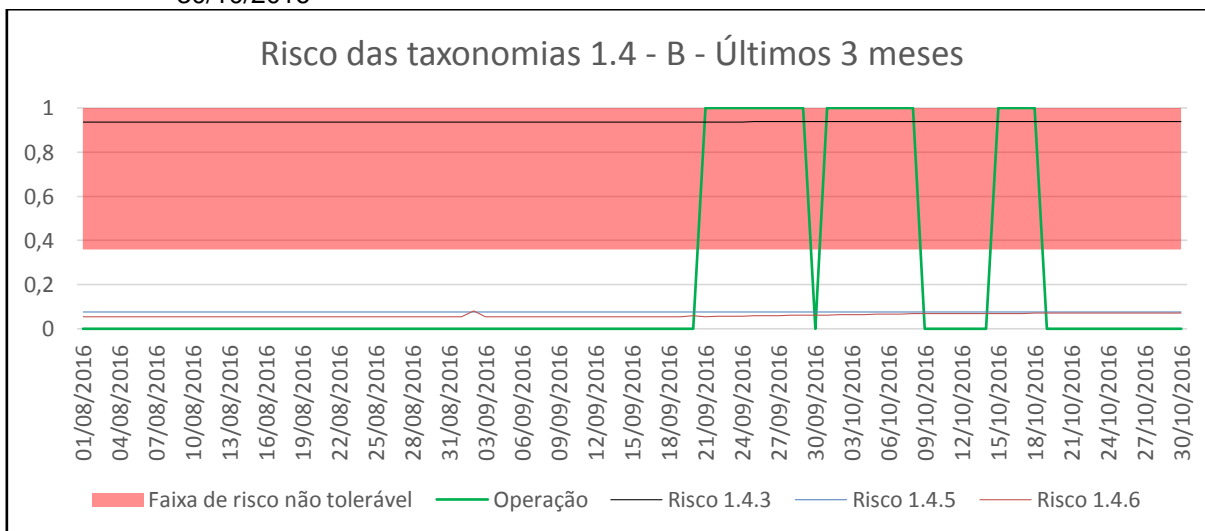


Figura 5.43 - Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.3.6 (Sensores), 1.3.7 (Válvulas) e 1.3.9 (Tubulações) do controle e monitoração no compressor C para o período de 01/08/2016 a 30/10/2016

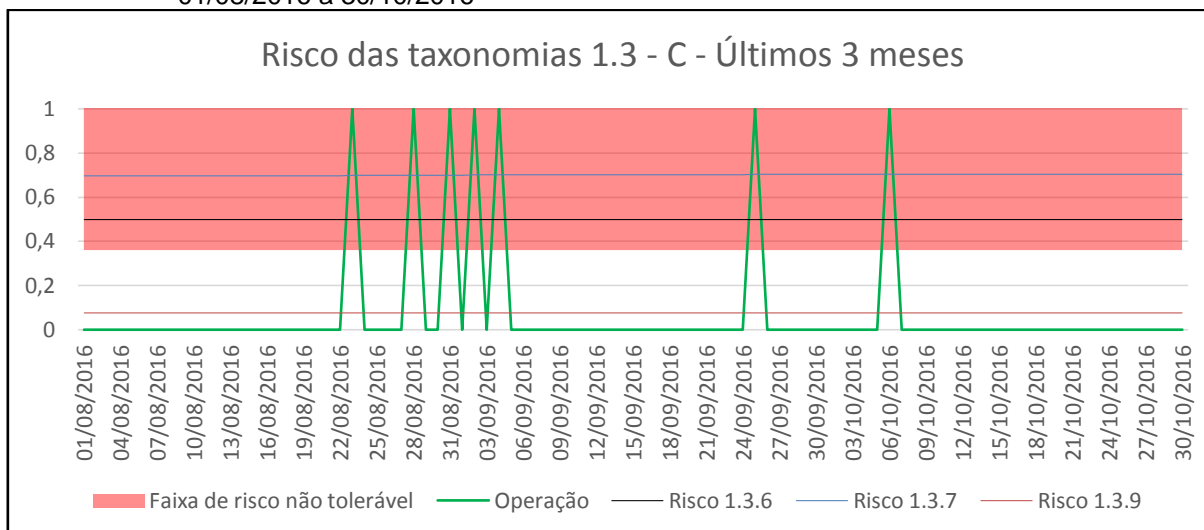
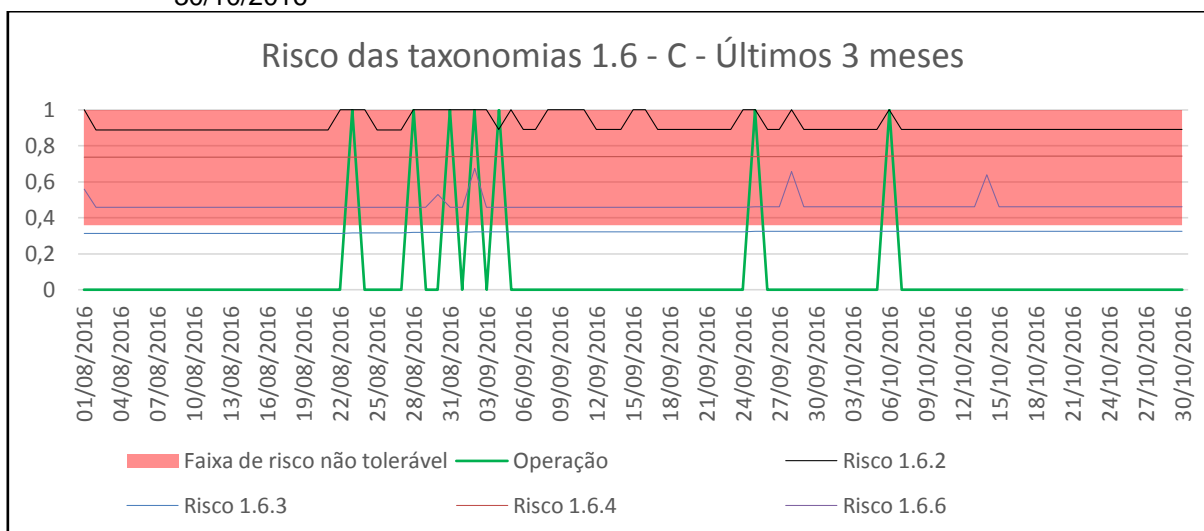


Figura 5.44 - Gráfico do risco dinâmico nas taxonomias 1.6.2 (Tubulações, suporte de tubulação e foles), 1.6.3 (Válvulas de controle), 1.6.4 (Válvulas de isolamento) e 1.6.6 (Resfriadores) da miscelânea no compressor C para o período de 01/08/2016 a 30/10/2016



Notamos que mesmo com as máquinas paradas/desligadas (identificado quando a operação é nula pelos gráficos) há instrumentos alarmando. Provavelmente, esses eventos ou valores são consequências de testes de manutenção e comissionamento durante o retorno à produção.

Como consequência do comportamento da probabilidade de falha, observa-se que a evolução do risco nas máquinas A e C é mais acentuada (identificado pelos valores/

curvas dentro da faixa de risco não tolerável) em relação à máquina B, provavelmente devido a manutenção preventiva ter ocorrido em um maior número de taxonomias (equipamentos).

Outro aspecto que se observa são os eventos de intensificação mais frequentes e mais intensos próximos aos períodos de parada das máquinas, o que indica uma sinalização de falha no equipamento.

Este comportamento ilustra, pelo menos qualitativamente, que o modelo atinge a função em compilar distintas informações de processo e manutenção num alerta unificado na forma de valor de risco não tolerável, para que ações mitigadoras sejam tomadas nas respectivas taxonomias.

Cabe acrescentar que algumas ocorrências de intertravamentos não resultaram na queda ou parada do equipamento, onde indica uma possível falha no instrumento ou uma manobra de operação no processo. Exemplos desta falsa indicação estão demonstrados nas TAB. A.18 a A.20 do Apêndice A.

Ou seja, a partir dos resultados obtidos pelas correlações propostas para o modelo de risco dinâmico, entende-se que este cumpre seu papel de uma ferramenta preditiva, como uma plataforma de integração de informações em tempo real de operação (condição) e manutenção, bem como seu histórico visa a obtenção do valor final cujo oriente a tomada de decisão na unidade, seus sistemas e componentes.

No próximo capítulo serão discutidos os argumentos e as alegações postumeiras e pertinentes acerca desta investigação.

NOTA: No Apêndice D temos uma comparação dos resultados numéricos de β e η da Weibull obtidos pelo método computacional MLE do ReliaSoft e pela programação no ambiente do Matlab. Enquanto que no Apêndice E, há o roteiro didático para o cálculo do risco dinâmico referente ao ramo 1.2 da árvore de taxonomias do moto-compressor A.

CAPÍTULO VI

CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 CONCLUSÕES

Com base no desenvolvimento deste trabalho, que inclui a revisão bibliográfica, elaboração da modelagem matemática de cálculo de risco dinâmico de compressores de gás, a coleta e o tratamento de dados de processos e manutenção, assim como na regressão desses dados e a confecção de correlações necessárias para a construção do modelo, além da apresentação dos seus resultados, pode-se estabelecer e destacar os seguintes aspectos e conclusões:

- Quanto à pesquisa e revisão bibliográfica, verificou-se que existem referências de cálculo de risco envolvendo dados instantâneos propostos na literatura, que combinam históricos de manutenção com dados de processo para prever ou antecipar falhas em tempo real, permitindo fornecer subsídios suficientes para a elaboração e desenvolvimento do modelo proposto e explicitado neste presente trabalho;
- Quanto à coleta de dados, embora obtidos em pacotes de *softwares* de sistemas de manutenção e de controle de processos bem consolidados no mercado, tais como SAP R/3 e PI, observou-se que a falta de classificação e hierarquização dos registros dificultou o tratamento dos dados. Entretanto, o aspecto positivo observado foi a disponibilidade destes dados de históricos de manutenção e processo, além da viabilidade do seu uso em tempo real;
- Quanto ao tratamento de dados, a adoção do modelo de Weibull se mostrou mais apropriado para esse tipo de equipamento, permitindo a construção das correlações de probabilidade de falhas nos três compressores de gás investigados;

- Referente ao tratamento de dados das máquinas A, B e C, observou-se que apesar do valor do parâmetro β indicar na curva da banheira onde a quebra ocorre na região de vida útil, durante a análise do ciclo operacional, demonstrou-se que até o período analisado, ainda tínhamos problemas de comissionamento e/ou fabricação. Isto ficou evidenciado nos resultados dos cálculos do MTTF e também na tendência precoce em atingimento do valor máximo nas curvas dos respectivos *PoF's*, onde os moto-compressores apresentaram uma grande quantidade de falhas num tempo relativamente curto;
- Quanto ao desempenho e performance das máquinas de um modo geral, pode-se dizer que os equipamentos A, B e C apresentaram confiabilidade insuficiente, apesar da falta de informações sobre os motivos de seus desligamentos, observados durante a obtenção e na semelhança das curvas de probabilidade de falhas. Entretanto, do ponto de vista de MTBF, MTTR e Disponibilidade, todos os 3 conjuntos demonstraram resultados que apontam necessidade de melhoria no comportamento funcional e produtivo;
- Como as máquinas são redundantes, não houve um esforço operacional para reduzir ou promover a correção da causa raiz, apenas a eliminação da falha;
- As FMEA's permitiram realizar um levantamento detalhado das causas potenciais e as ações recomendadas para cada efeito de falha segundo o modo de falha requerido, de acordo com as taxonomias dos equipamentos que foram analisados, estabelecendo um verdadeiro documento de *troubleshooting* (solução de problemas) para as máquinas;
- Dado a resenha da quantidade de falhas, fornece insumos de estudos de confiabilidade para outras investigações na área de engenharia de manutenção com foco em sistemas de compressão de gás;
- A adoção de um modelo semi-quantitativo no cálculo do risco, propiciou definir níveis de risco não tolerável considerando aspectos financeiros, de segurança, de pessoas e meio ambiente;

- Quanto ao desenvolvimento do modelo, o mesmo pode contemplar dados históricos e instantâneos de manutenção e processo, de forma semi-quantitativa, permitindo o cálculo do risco em tempo real, dito dinâmico (que é mensurado com a máquina em operação), através do uso de coeficientes intensificadores;
- Na análise das curvas de probabilidade de falhas, que foram obtidas através do emprego do quantitativo de falhas e de inspeções, quando se aplica os intensificadores de alarmes, intertravamentos e ações de manutenção preditiva, resultaram em incrementos de espectro que precipitam dentro da região de risco não tolerável. Ou seja, os intensificadores cumpriram o seu papel no incremento da curva do risco, predispondo a necessidade de uma manutenção pró-ativa;
- Os gráficos do *PoF* e do risco dinâmico mudaram o formato da curva quando ocorriam as paradas por manutenção preventiva dentro dos intervalos analisados, assim como, o *PoF* se mantém com o mesmo valor remanescente quando a máquina está inoperante ou quando a ação de manutenção não ocorreu naquela taxonomia;
- Quanto aos resultados, o modelo proposto pôde mostrar as taxonomias ou elementos que mais contribuem para o aumento do risco dinâmico dos equipamentos, e aquelas classes de componentes que mais influenciam as falhas.

A análise dinâmica (medida em relação ao tempo) e integrada (ao agrupar os intensificadores) argumentada neste paradigma, ao combinar eventos de manutenção e de processo, permite ao menos qualitativamente elencar os principais sistemas e equipamentos que contribuem significativamente para as paradas das máquinas e principalmente alertar de maneira preditiva, devido à análise sistêmica proposta, a necessidade de ações mitigadoras revendo-se o estratagema da tomada de decisão.

6.2 RECOMENDAÇÕES

I) Os registros dos dados de falhas e de manutenção devem possuir mais qualidade, em termos de procura pela causa raiz, classificação em taxonomia e inclusive, anotações específicas das datas principais da manutenção.

II) É importante procurar analisar tecnicamente dentro dos eventos e sintomas que provocaram o desarme das máquinas, como proposto no modelo de gerenciamento de integridade, o que pode ser feito para coibir a reincidência de falhas e a instabilidade nas variáveis de processo, visando um plano de melhoria para incrementar o seu desempenho operacional e a manutenibilidade dos conjuntos.

III) Atualizar o banco de dados para que se possa posteriormente prover o refinamento dos resultados, visando uma revisão nos critérios para a estipulação qualitativa do *CoF* e os limites empíricos estabelecidos para o risco não tolerável.

IV) Refazer toda a rotina que foi elaborada manualmente, de maneira a colocar o tratamento e a análise dos dados numa plataforma de integração comercial, permitindo o exame automático e dinâmico ao usuário final ou operador, no intuito de se antecipar o parecer. Estas etapas abrangem a alimentação do *software* Weibull++9 da ReliaSoft, coletar os novos dados de processo relativos a alarmes e intertravamentos, e recalcular os intersificadores para permitir a obtenção dos riscos nas taxonomias retificadas.

V) Criar uma rotina em linguagem de programação adequada, que reúna os dados de manutenção em função das falhas, de uma forma contínua, e submeta à regressão utilizando o modelo de Weibull de forma a atualizar-se a correlação do *PoF*.

VI) Para este modelo, cujo cerne é demonstrar a possibilidade de prover a integração envolvendo dados de manutenção e de processo para viabilizar uma análise sistêmica baseada em risco, num primeiro momento, adotou-se um cânone de pesquisa simplificado, ao considerar que os dados atuam de forma independente, ou seja, não foi realizado o estudo detalhado de interdependência, onde seria

avaliada a influência do comportamento dos dados de falha ou de processo entre si, bem como, o impacto da falha do equipamento em outro.

6.3 CONTINUIDADE DA PESQUISA

As ferramentas de modelagem do risco dinâmico que foram empregadas neste trabalho, permitem que seja estendida a outros equipamentos, plantas industriais, áreas e sistemas afins.

Nos cálculos de Disponibilidade foi considerado o equipamento operando e em funcionamento satisfatório (*running*). Os resultados podem ser mais precisos ou práticos, acrescentando-se o conceito de disponível parado na condição de sistema redundante, utilizando-se sistemas de confiabilidade no arranjo série e/ou paralelo.

A equipe de operação da planta de gás tem a capacidade de influenciar a entrada e a saída de alarmes e de intertravamentos na instrumentação de processo, que vai depender das manobras de rotina. Para refinar e reduzir os erros sistemáticos que influenciam o valor numérico desses intensificadores, é necessário fazer um levantamento físico no campo por meio de inspeções periódicas mais detalhadas.

Na necessidade de otimização dos equipamentos para a extensão da vida útil ou emprego na operação dentro da faixa de risco não tolerável, a análise de sensibilidade pode ser empregada como acessório no direcionamento a respeito de qual variável de desempenho é mais influenciada matematicamente pelos resultados de risco dinâmico em função do peso ou importância. Esta iniciativa seria fundamental para o aperfeiçoamento da graduação dos intensificadores no risco dinâmico de sistemas, visando uma aplicação prática na indústria.

6.4 COMENTÁRIOS

A acuracidade deste modelo depende da qualidade da base de dados. A implementação do artifício na manutenção dos compressores pode ser realizada, mas a sua confiabilidade demanda de uma revisão do processo de registro e auditoria dos dados de manutenção para que assim se possa garantir sua eficácia.

Quanto ao seu desenvolvimento, a elaboração das FMEA's tornaram-se um excelente insumo para a concepção de planos de melhorias no desempenho dos equipamentos.

A legenda das tabelas onde constam as causas dos defeitos e falhas nos sistemas de compressão, que relacionam sintoma com evento para desarme, alarme e intertravamento, pode ser adotada no gerenciamento da manutenção, pois permitiria, após treinamento básico e adequado em interpretação de modo de falha para os mantenedores dos sistemas, se fazer de uma maneira padronizada, levantamentos pontuais afim de apontar as causas imediatas das falhas, melhorando ou indicando a melhor ação mitigadora a ser tomada pela engenharia de manutenção.

Uma outra forma de melhorar a disponibilidade das máquinas seria de atuar preventivamente empregando-se recursos e ferramental ligados a engenharia de manutenção ou de projeto, diretamente naquelas taxonomias que impactam de uma forma mais agressiva trazendo precocemente o risco dinâmico para a região não tolerável.

A efetividade da ferramenta para ser bem validada decorre do sinergismo entre os setores envolvidos e de ajustes na tática de gestão da empresa.

Assim, espera-se que a adoção do referido modelo na estratégia de manutenção como ferramental de apoio, proporcione desde que acompanhado por um aumento na qualidade dos registros de manutenção, permitir o incremento da disponibilidade do equipamento por meio da mitigação de falhas catastróficas, através da

antecipação do diagnóstico de falha, bem como a redução do custo operacional e riscos envolvidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABLITT, C.; SPECK, J. **Experiences in Implementing Risk-Based Inspection**. 3rd MENDT - Middle East Nondestructive Testing Conference & Exhibition, Bahrain, Manama, 27-30, 2005.
- ABNT NBR 5462. **Confiabilidade e manutenibilidade**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1994.
- ABNT NBR 12712. **Projeto de sistemas de transmissão e distribuição de gás combustível**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1993.
- ABNT NBR ISO 14224. **Indústrias de petróleo e gás natural - Coleta e intercâmbio de dados de confiabilidade e manutenção para equipamentos**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011.
- ABNT NBR ISO 31000. **Gestão de riscos - Princípios e diretrizes**. Primeira edição. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009.
- AFEFY, I. **Reliability-Centered Maintenance Methodology and Application: A Case Study**. Scientific Research. Engineering, 2, 863-873, 2010.
- AHMAD, R.; KAMARUDDIN, S. **An overview of time-based and condition-based maintenance in industrial application**. Elsevier Ltd., Computers & Industrial Engineering, 63, 135-149, 2012.
- American Bureau of Shipping, 2003. **Guide for Surveys Based On Reliability-centered Maintenance**. December, 2003.
- American Bureau of Shipping, 2003. **Guide for Surveys Using Risk-Based Inspection for the Offshore Industry**. December, 2003.
- American Bureau of Shipping, 2004. **Guidance Notes for Reliability-centered Maintenance**. July, 2004.
- API 571. **Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry**. 1st Edition, API Recommended Practice 571. American Petroleum Institute, 2003.
- API 580. **Risk-Based Inspection**. API Recommended Practice 580, Second Edition. American Petroleum Institute, November, 2009.

API 581. **Risk-Based Inspection Technology**. API Recommended Practice 581, Second Edition. American Petroleum Institute, September, 2008.

ARUNRAJ, N.; MAITI, J. **Risk-based maintenance - Techniques and applications**. Journal of Hazardous Materials, 142, 653-661, 2007.

ARUNRAJ, N.; MAITI, J. **Risk-based maintenance policy selection using AHP and goal programming**. Safety Science, 48, 238-247, 2010.

BELARMINO, T. **Otimização dos Prazos de Inspeção aplicando Técnicas de Inspeção Baseada em Riscos para PSV's**. Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Inspeção e Manutenção de Equipamentos - PETROBRAS, Rio de Janeiro, 2013.

BERTOLINI, M.; BEVILACQUA M.; CIARAPICA F.; GACCHETTA, G. **Development of Risk-Based Inspection and Maintenance procedures for an oil refinery**. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 22, 244-253, 2009.

BRIGUENTE, F. **Implementação do DeltaV SIS para malhas de intertravamento**. V Jornada Tecnológica de Cooperação da Indústria & ISA Seção Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2012.

BROWN, A. **Análise de Risco**. Boletim Técnico GSI, ano III, nº01, São Paulo, Fevereiro, 1998.

BROWN, S.; MAY, I. **Risk-based hazardous protection and prevention by inspection and maintenance**. Transactions ASME Journal of Pressure Vessel Technology, 122, 362-367, 2003.

BS 4778-2. **Quality vocabulary. Quality concepts and related definitions**. December, 1991.

CAMPOS, M.; Gomes, M.; Perez, J. **Controle Avançado e Otimização na Indústria do Petróleo**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2013.

CAMPOS, V. **TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG. Rio de Janeiro: Bloch Editores S.A., 1992.

CARNERO, M. **An evaluation system of the setting up of predictive maintenance programmes.** Reliability Engineering and System Safety, 91, 945-963, 2006.

CEI/IEC 60812. **Analysis techniques for system reliability - Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA).** Second edition 2006-01, 2006.

CEI/IEC 61025. **Fault tree analysis (FTA).** Second edition 2006-12, 2006.

CHANG, M.; CHANG, R.; SHU, C.; LIN, K. **Application of risk based inspection in refinery and processing piping.** Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 18, 397-402, 2005.

CHRISTER, A.; WANG, W.; SHARP, J. **A state space condition monitoring model for furnace erosion prediction and replacement.** European Journal of Operational Research, 101, 1-14, 1997.

COHEN, A. **Maximum likelihood estimation in the Weibull distribution based on complete and on censored samples.** Technometrics, Washington, v.7, n.4, Nov, 579-588, 1965.

CROWE, D.; FEINBERG, A. **Design for Reliability.** Boca Raton: CRC Press, 2001.

DEY, K.; OGUNLANA, S.; GUPTA, S.; TABUCANON, M. **A risk-based maintenance model for cross-country pipelines.** Cost Engineering, 40(4), 24-31, 1998.

DICKERSON, D.; ACKERMAN, P. **Risk-based Maintenance Management of U.S. Public School Facilities.** Elsevier Ltd., Procedia Engineering, 145, 685-692, 2016.

DILEO, M.; MANKER, C.; CADICK, J. **Condition Based Maintenance.** Cadick Corporation, October, 1999.

DNV-RP-F116. **Integrity management of submarine pipeline systems.** Recommended Practice, October, 2009.

DNV-RP-G101. **Risk based inspection of offshore topsides static mechanical equipment.** Recommended Practice, April, 2009.

ETI, M.; OGAJI, S.; PROBERT, S. **Reducing the cost of preventive maintenance (PM) through adopting a proactive reliability-focused culture.** Applied Energy, 83, 1235-1248, 2006.

FARINA, L.; GONZÁLEZ, S. **Ferramentas para Racionalização de Alarmes: Aplicação em Projeto de uma Unidade de Refino de Petróleo**. TriSolutions Soluções em Engenharia, 2009.

FRANCO, M.; MANTOVANI, A. **A study on the asymptotic distribution of maximum likelihood estimators for a two-parameter Weibull distribution in censored samples**. Rev. Mat. Estat., São Paulo, v.22, n.3, 7-20, 2004.

FRUTUOSO, P. **Engenharia de Confiabilidade - Atributos de Confiabilidade**. Apostila do Curso de Pós Graduação em Engenharia de Segurança de Processos, Universidade Federal do Espírito Santo, 2016.

GOMAA, A. **“Maintenance Planning and Management”, A Literature Study**. American University in Cairo, Cairo, 2003.

GONDIM, R.; DUARTE, M. **Aplicação da Estatística na Manutenção Preditiva**. Revista FAMAT, n.5, Set., 2005.

GOWID, S.; DIXON, R.; GHANI, S. **Characterisation of Major Fault Detection Features and Techniques for the Condition-Based Monitoring of High-speed Centrifugal Blowers**. International Journal of Acoustics and Vibration, Vol.21, No.2, 2016.

GHOSH, D.; ROY, S. **Maintenance optimization using probabilistic cost benefit analysis**. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 22, 403-407, 2009.

HASSAN, J.; KHAN, F. **Risk-based asset integrity indicators**. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 25, 544-554, 2012.

HU, H.; CHENG, G.; LI, Y.; TANG, Y. **Risk-based maintenance strategy and its applications in a petrochemical reforming reaction system**. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 22, 392-397, 2009.

ISO 7919-1. **Mechanical vibration of non-reciprocating machines - Measurements on rotating shafts and evaluation criteria - Part 1: General guidelines**. International Organization for Standardization, 1996.

ISO 10816-1. **Mechanical vibration - Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts - Part 1: General guidelines**. International Organization for Standardization, 1995.

ISO 10816-3. **Mechanical vibration - Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts - Part 3: Industrial machines with nominal power above 15 kW and nominal speeds between 120 r/min and 15 000 r/min when measured in situ.** International Organization for Standardization, 2009.

ISO 13374-1. **Condition monitoring and diagnostics of machines - Data processing, communication and presentation - Part 1: General guidelines.** International Organization for Standardization, 2003.

ISO 17776. **Petroleum and natural gas industries - Offshore production installations - Guidelines on tools and techniques for hazard identification and risk assessment.** First edition 2000-10-15. International Organization for Standardization, 2000.

ISO 18435. **Industrial automation systems and integration - Diagnostics, capability assessment and maintenance applications integration.** International Organization for Standardization, 2008.

ISO 55000. **Asset management - Overview, principles and terminology.** First edition 2014-01-15. International Organization for Standardization, 2014.

JUNIOR, J. **Desenvolvimento de Ferramenta Computacional para Análise de Confiabilidade baseada na Distribuição Weibull.** Graduação em Engenharia de Produção - FAESA, Vitória, 2010.

KANCEV, D.; CEPIN, M. **Evaluation of risk and cost using an age-dependent unavailability modelling of test and maintenance for standby components.** Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 24, 146-155, 2011.

KARDEC, A.; ESMERALDO J.; LAFRAIA, J.; NASCIF, J. **Gestão de Ativos.** Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 2014.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica.** Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 1999.

KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: Função Estratégica.** 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 2009.

KAZMIER, L. **Estatística aplicada a economia e administração.** São Paulo: Editora McGraw-Hill Ltda, 1982.

KENNETH, S.; GRANT, W. **The maintenance requirements system: risk-based resource programming at work.** Naval Engineers Journal, 106(3), 279-284, 1994.

KHAN, F.; HADDARA, M. **Risk-based maintenance (RBM): a quantitative approach for maintenance/inspection scheduling and planning.** Faculty of Engineering and Applied Science, Memorial University of Newfoundland, St. John's, Canada, NL A1B 3X5, 2003.

KHAN, F.; HADDARA, M. **Risk-based maintenance of ethylene oxide production facilities.** Journal of Hazardous Materials, A108, 147-159, 2004.

KHAN, F.; HADDARA, M. **Risk-Based Maintenance (RBM): A New Approach for Process Plant Inspection and Maintenance.** American Institute of Chemical Engineers, Process Safety Progress, Vol.23, No.4, 2004.

KHAN, F.; HADDARA, M.; BHATTACHARYA, S. **Risk-Based Integrity and Inspection Modeling (RBIM) of Process Components/System.** Risk Analysis, Vol.26, No.1, 2006.

KIRAN, S.; PRAJEETH, K.; SREEJITH, B.; MURALIDHARAN, M. **Reliability evaluation and Risk based maintenance in a process plant.** Elsevier Ltd., Procedia Technology, 24, 576 - 583, 2016.

KRISHNASAMY, L.; KHAN, F.; HADDARA M. **Development of risk-based maintenance (RBM) strategy for a power-generating plant.** Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 18, 69-81, 2005.

KUMAR, D.; KLEFSJO, B.; KUNAR, U. **Reliability analysis of power-transmission cables of electric loaders using a proportional-hazard model.** Reliability Engineering and System Safety, 37, 217-222, 1992.

LAFRAIA, J. **Manual de Confiabilidade, Manutenabilidade e Disponibilidade.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

LEWIS, E. **Introduction to Reliability Engineering.** Singapore: John Wiley & Sons, 1987.

MAGRO, M.; PINCETI, P.; ANTONELLI M.; PAOLA, E.; FIRPO, P.; MARINO, E. **CBM for a fleet of railway vehicles: infrastructure and algorithms.** ACTA IMEKO, ISSN: 2221-870X, Volume 5, Number 4, 56-63, December, 2016.

- MAIRSON, W. **Introduction to Reliability Centered Maintenance**. Energy Facilities Contractors Group (EFCOG), Annual Report to the Members, 2005.
- MIL-STD 1629A. **Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis**. MILITARY STANDARD, 1980.
- MIMOSA. **Machinery information management open systems alliance**. 2008.
- MONTGOMERY, D.; RUNGER, G. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. 2ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2003.
- MORTELARI, D.; SIQUEIRA, K.; PIZZATI, N. **O RCM na quarta geração da manutenção de ativos**. São Paulo: RG Editores, 2011.
- MOUBRAY, J. **Reliability-centred Maintenance**. Second Edition. Great Britain: Butterworth-Heinemann, 1997.
- NASCIMENTO, C. **Avaliação e Gestão de Riscos**. Apostila do Curso de Pós Graduação em Engenharia de Segurança de Processos, Universidade Federal do Espírito Santo, 2017.
- N-2595. **Critérios de Projeto e Manutenção para Sistemas Instrumentados de Segurança em Unidades Industriais**. Comissão de Normas Técnicas, PETROBRAS, 2002.
- OREDA. **Offshore Reliability Data 4th Edition**. SINTEF Industrial Management, 2002.
- PADMANABHAN, H. **Condition Based Maintenance of Rotating Equipments on OSI PI Platform - Refineries/ Petrochem Plants**. Wipro Council for Industry Research, 2008.
- PG-1E1-00425-0. **Metodologia para Qualificação de Risco de Dutos Terrestres no E&P**. Norma Petrobras, 2009.
- PINTO, L. **Análise de Falhas - Tópicos de Engenharia de Confiabilidade**. Engenharia de Manutenção Central, Novembro, 2004.
- QINGFENG, W.; WENBIN, L.; XIN, Z.; JIANFENG, Y.; QINGBIN, Y. **Development and application of equipment maintenance and safety integrity management system**. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 24, 321-332, 2011.

RAPTODIMOS, Y.; LAZAKIS, I.; THEOTOKATOS, G.; VARELAS, T.; DRIKOS, L. **Ship sensors data collection & analysis for condition monitoring of ship structures & machinery systems**. The Royal Institution of Naval Architects, Smart Ship Technology, London, UK, 26-27, January, 2016.

RENIERS, G. **An optimizing hazard/risk analysis review planning (HARP) framework for complex chemical plants**. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 22, 133-139, 2009.

RINNE, H. **The Weibull Distribution - A Handbook**. Boca Raton: CRC Press, 2008.

SAKURADA, E. **As técnicas de Análise do Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica - UFSC, 2001.

SANTOS-REYES, J.; BEARD, A. **A SSMS model with application to the oil and gas industry**. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 22, 958-970, 2009.

SERRATELLA, C.; WANG, G.; CONACHEY, R. **Risk-Based Strategies for the Next Generation of Maintenance and Inspection Programs**. ABS Technical Papers, USA, 2007.

SHARABAH, A.; SETUNGE, S.; ZEEPHONGSEKUL, P. **Use of Markov Chain for Deterioration Modeling and Risk Management of Infrastructure Assets**. School of Civil and Chemical Engineering RMIT University, Melbourne, Australia, 2006.

SOUZA, R. **Detecção de Falha Aplicada na Atualização de Probabilidade de Falha**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica - Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

TELFORD, S.; MAZHAR, M.; HOWARD, I. **Condition Based Maintenance (CBM) in the Oil and Gas Industry: An Overview of Methods and Techniques**. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Kuala Lumpur, Malaysia, 22-24, January, 2011.

THOM, F. **Cálculo da Confiabilidade de Tubulações de Óleo e Gás baseado em Amostragem por Hipercubo Latino e Estratificada**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2003.

TINGA, T.; SOUTE, D.; ROETERINK, H. **Guidelines for Condition Based Maintenance**. World Class Maintenance, version 2.0, 2010.

TROUT, J.; KOLODZIEJ, J. **Reciprocating compressor valve condition monitoring using image-based pattern recognition**. Annual Conference of the Prognostics and Health Management Society, Denver, Colorado, 2016.

ZHAOYANG, T.; JIANFENG, L.; ZONGZHI, W.; JIANHU, Z.; WEIFENG, H. **An evaluation of maintenance strategy using risk based inspection**. Safety Science, 49, 852-860, 2011.

OUTRAS FONTES DE CONSULTA

<<http://go.sap.com/>>. Acesso em: 30 out. 2015.

<http://reliawiki.org/index.php/Life_Data_Analysis_Reference_Book>. Acesso em: 10 mai. 2017.

<http://reliawiki.org/index.php/The_Weibull_Distribution>. Acesso em: 15 mai. 2017.

<<http://www.aiche.org>>. Acesso em: 07 out. 2014.

<<http://www.assetinsights.net/>>. Acesso em: 03 mai. 2018.

<<http://www.bureauveritas.com.br/>>. Acesso em: 28 out. 2017.

<<http://www.cat.com>>. Acesso em: 30 out. 2015.

<<http://www.mimosa.org/>>. Acesso em: 12 out. 2017.

<<http://www.reliasoft.com/>>. Acesso em: 24 abr. 2015.

<<http://www.weibull.com/hotwire/issue148/hottopics148.htm>>. Acesso em: 24 abr. 2015.

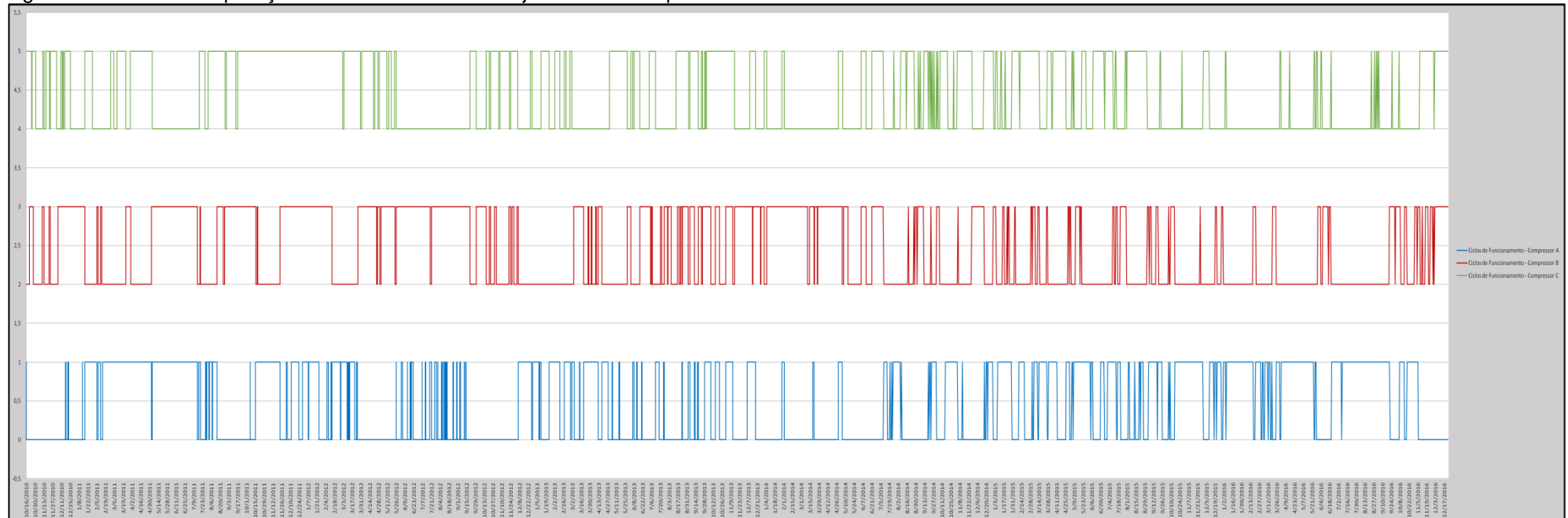
< <https://www.iso.org>>. Acesso em: 01 out. 2017.

<<https://www.microsoft.com/pt-br/>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

APÊNDICE A

TRATAMENTO DE DADOS DE CONFIABILIDADE E FMEA'S

Figura A.1 - Ciclos de operação individualizados do conjunto moto-compressor



Nota: Foi pego no PI (*software do Plant Information*) um medidor de vazão de cada compressor e lançado no Excel o regime de operação (0, 2 e 4 => compressor fora ou desligado e 1, 3 e 5 => compressor dentro ou ligado). No PI dispomos da data, horário e valor da vazão medida.

Figura A.2 - Hierarquização dos componentes baseada na taxonomia da ABNT NBR ISO 14224 (2011)

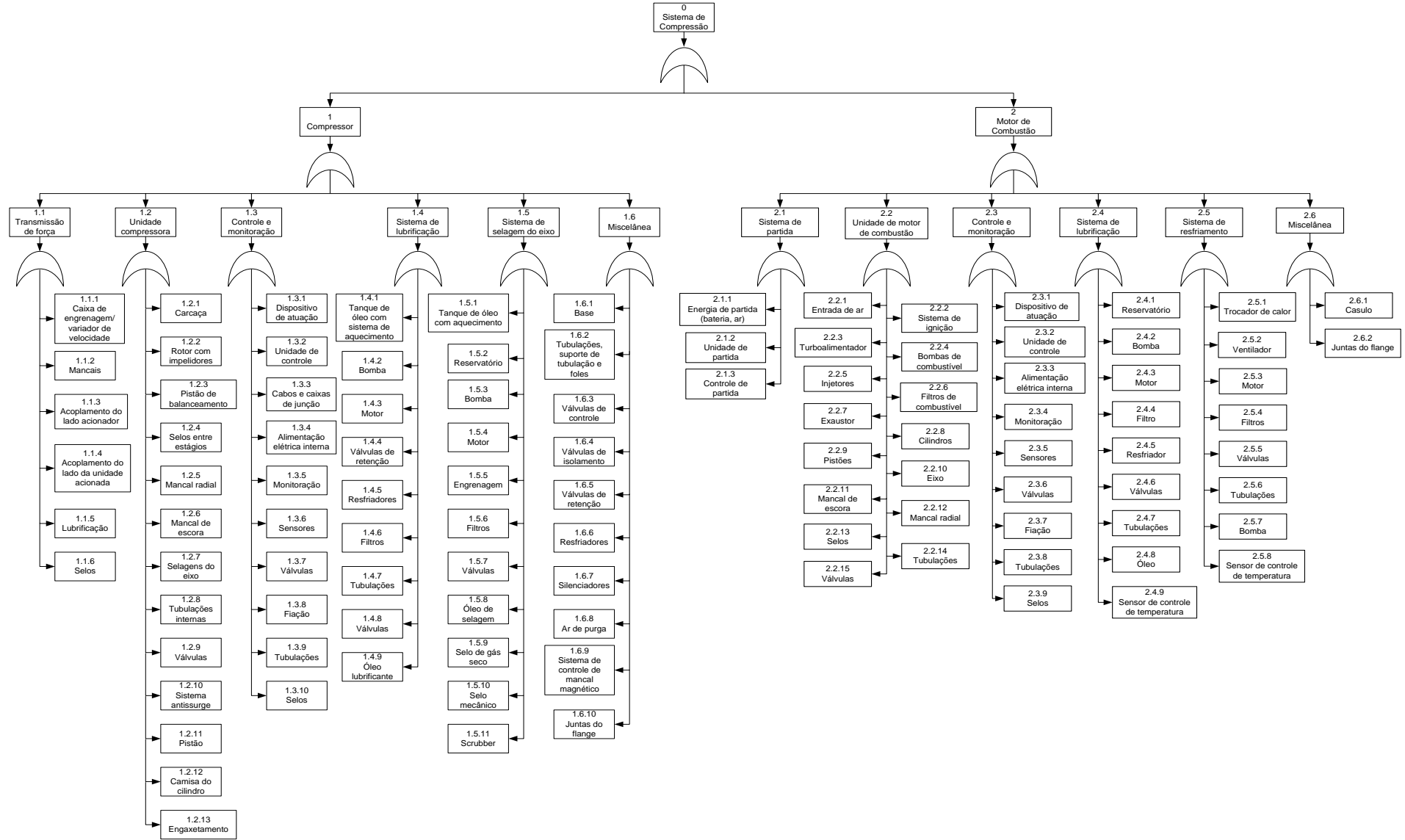


Figura A.3 - Árvore de taxonomias de acordo com os dados de histórico de falhas para a Unidade de Compressão A

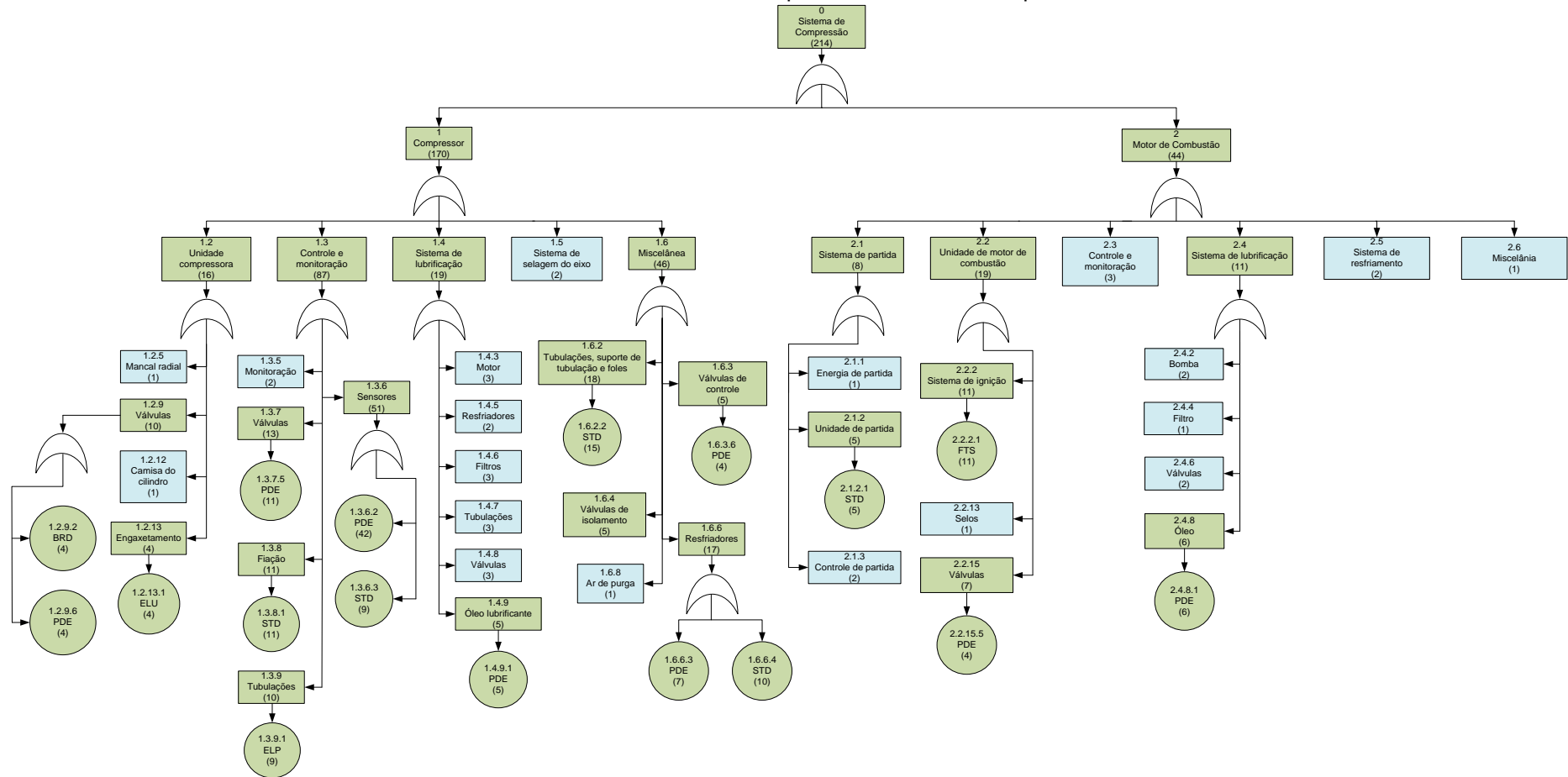


Figura A.4 - Árvore de taxonomias de acordo com os dados de histórico de falhas para a Unidade de Compressão B

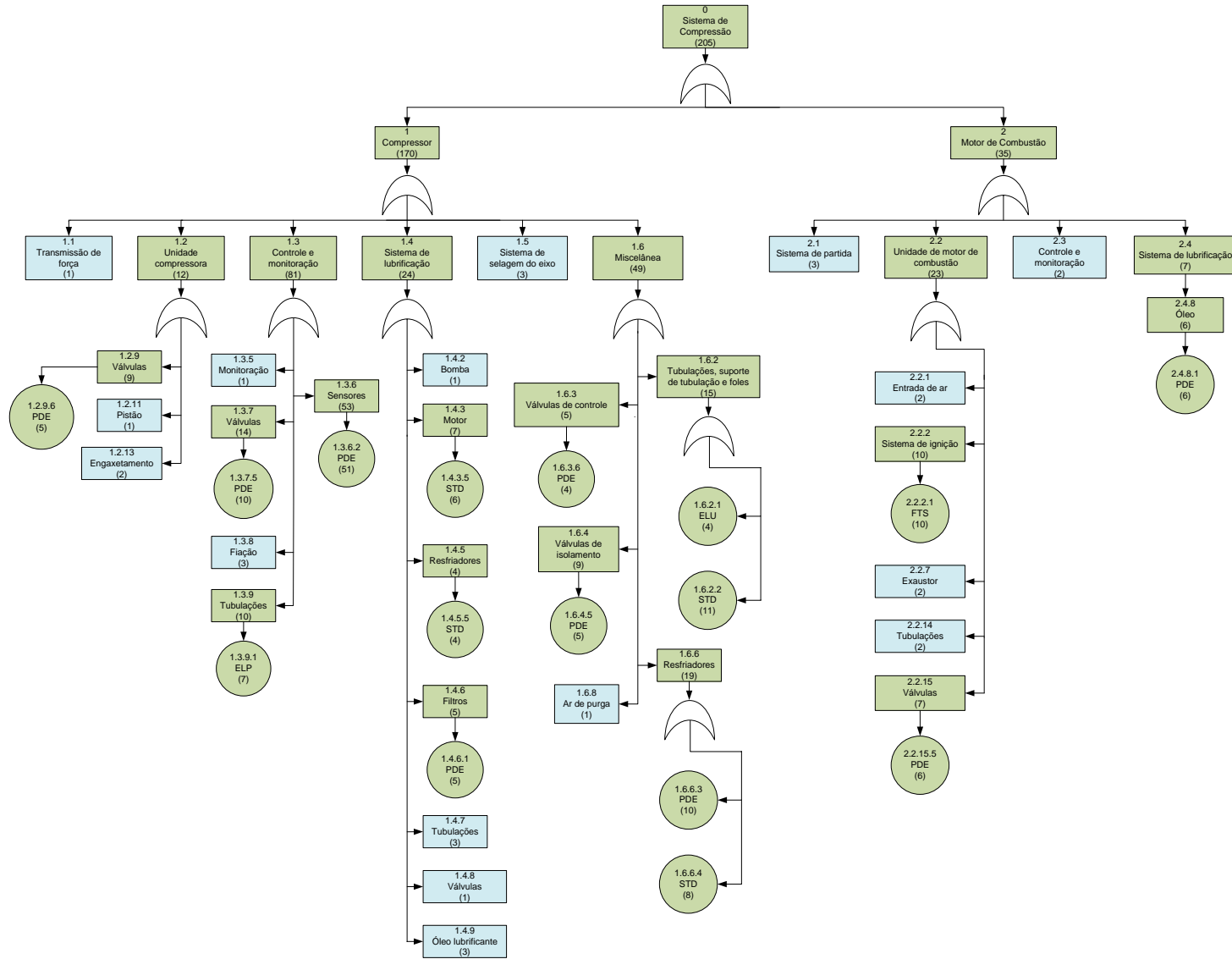


Figura A.5 - Árvore de taxonomias de acordo com os dados de histórico de falhas para a Unidade de Compressão C

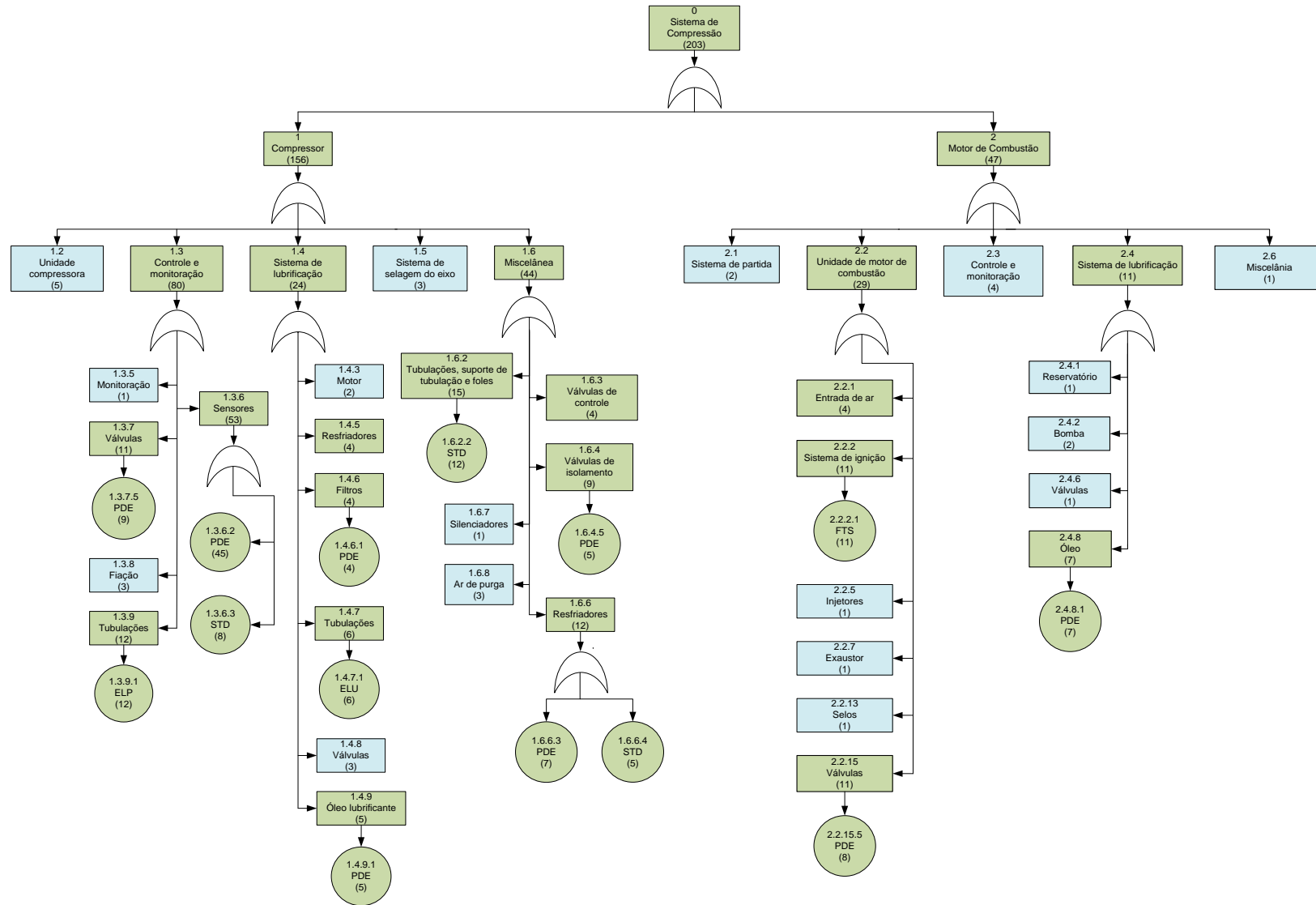


Figura A.6 - Árvore de taxonomias do moto-compressor A para o algebrismo no cálculo do risco dinâmico

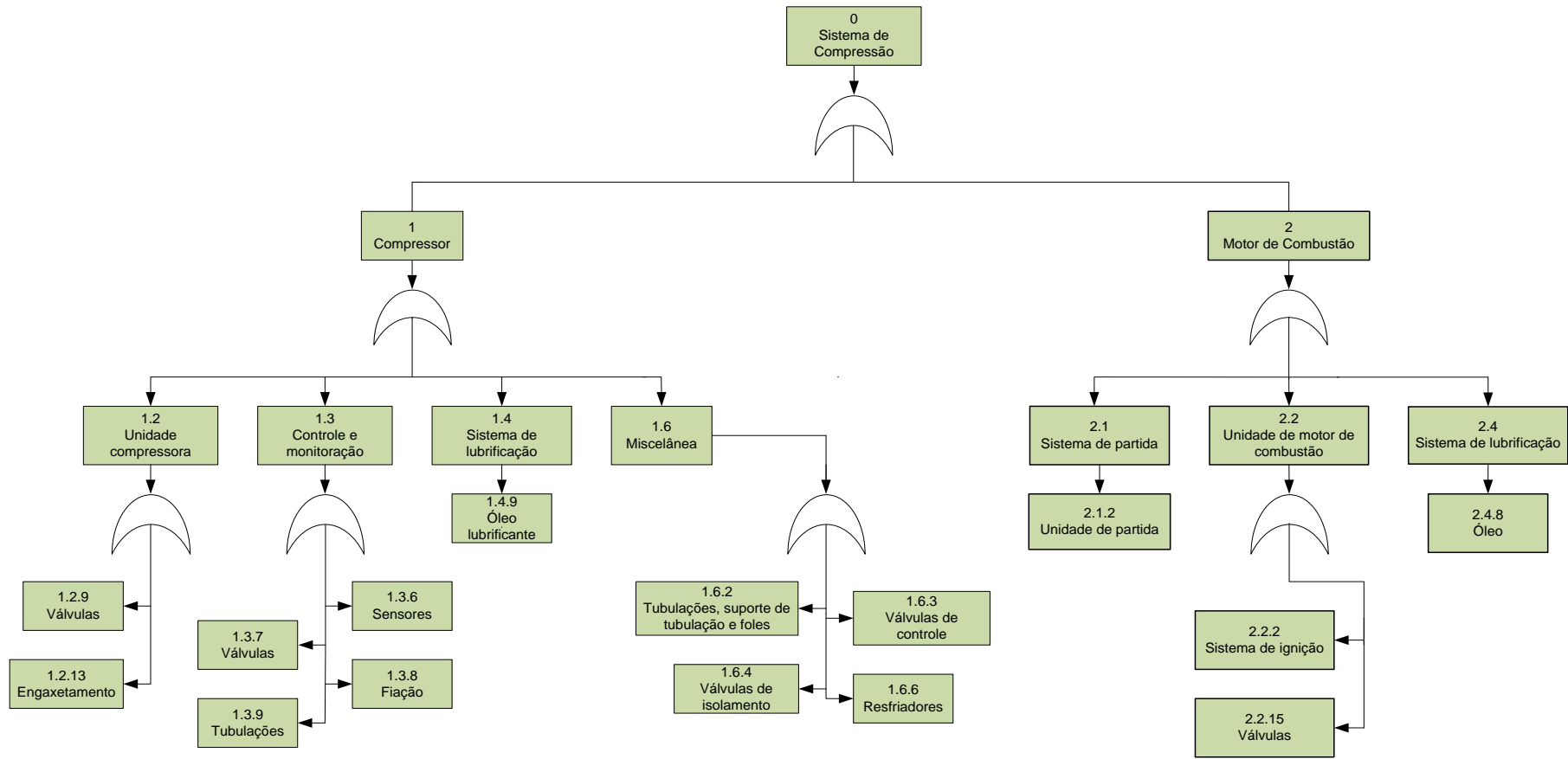


Figura A.7 - Árvore de taxonomias do moto-compressor B para o algebrismo no cálculo do risco dinâmico

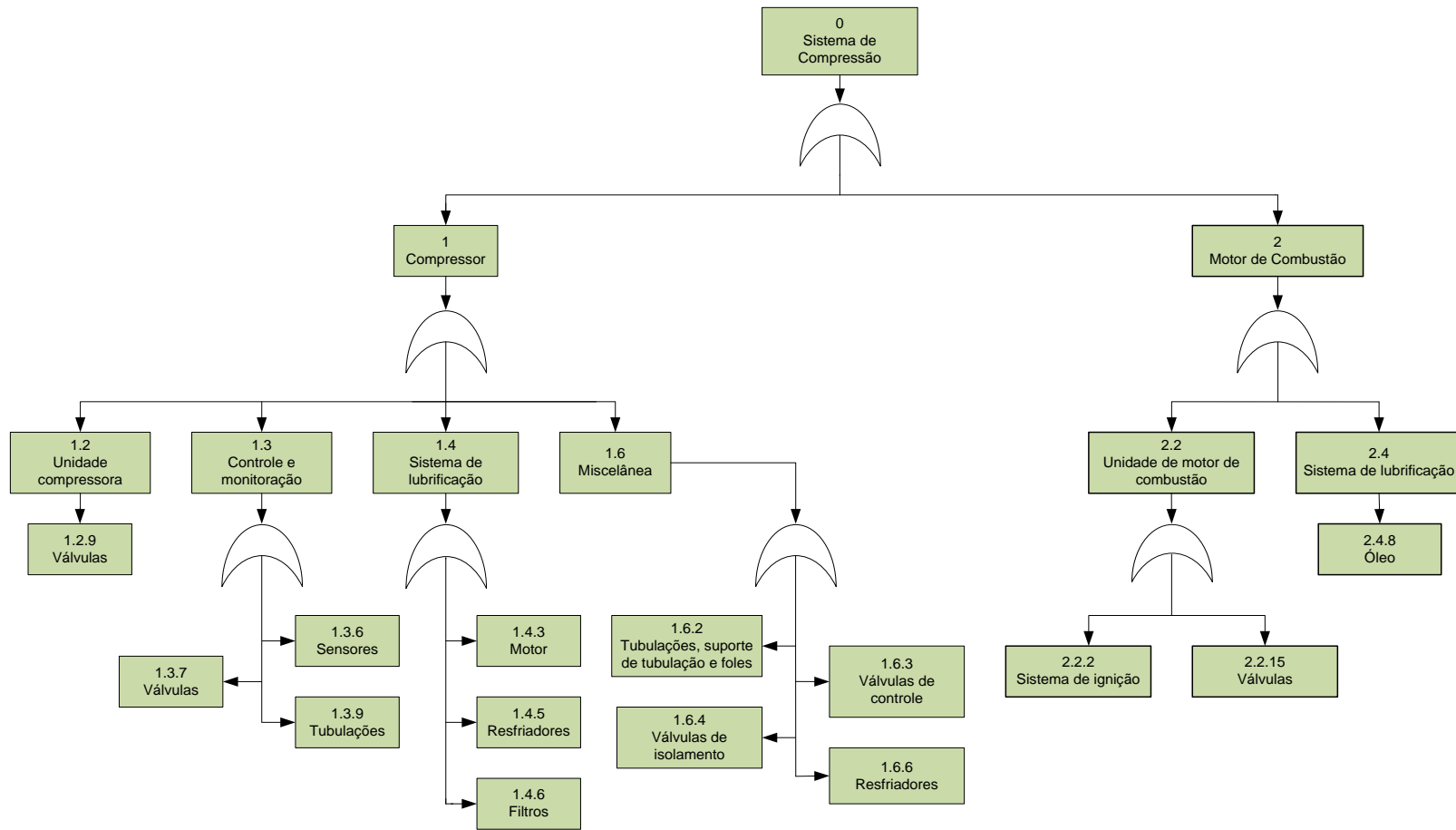


Figura A.8 - Árvore de taxonomias do moto-compressor C para o algebrismo no cálculo do risco dinâmico

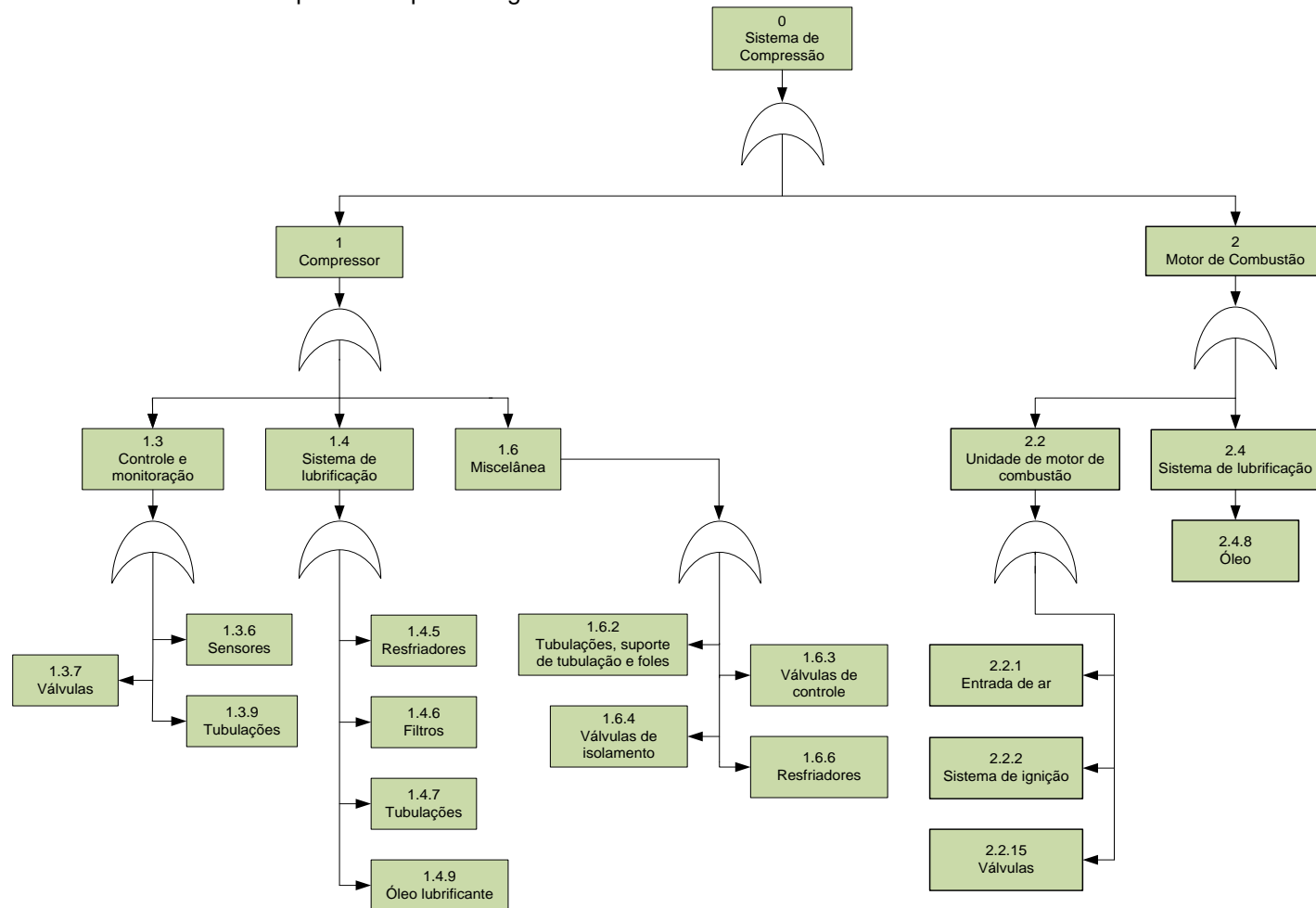


Tabela A.1 - Banco de dados do SAP R/3 com o histórico de falhas

Data da nota	Descrição
04/12/2010	Completar nível de óleo M-C-1231001B
16/12/2010	M-C--1231001B Coleta / Análise água
20/12/2010	M-C-1231001A Limpeza skid / sanar vazam
20/12/2010	M-C-1231001C Limp skid / sanar vazam
21/12/2010	TI-1231622 - Completar Nível Glicerina.
21/12/2010	TI 1231634 - Completar Nível Glicerina.
22/12/2010	C-1231001A - Instalação de PI
22/12/2010	C-1231001C - Instalação de PI
30/12/2010	C-1231001A Reaperto parafusos compressor
31/12/2010	M-C-1231001C coleta/análise água e óleo
03/01/2011	M-C-1231001C completar nível de óleo
05/01/2011	C-1231001B Insp / Limp sistema óleo
05/01/2011	C-1231001B IHM com falha de comunicação
05/01/2011	C-1231001C Insp / Limp sistema óleo
07/01/2011	M-C-1231001B Completar nível óleo
10/01/2011	M-C-1231001A - Vazamento Bba Óleo Motor
11/01/2011	C1231001A - Troca módulo A/F do motor
19/01/2011	M-C-1231001C Completar nível óleo
21/01/2011	M-C-1231001B Completar nível óleo
29/01/2011	Substituir Bujão de PVC por bujão Ex-d
31/01/2011	TIT-1231609A Realizar Calibração
03/02/2011	EFETUAR TESTE ATERRAMENTO COMPR. VENDA B
05/02/2011	PSV1231605 (C-1231001A) Vazamento flange
07/02/2011	C-1231001A Nível de óleo baixo
07/02/2011	C-1231001B Nível de óleo baixo
08/02/2011	TIT-612B (C-1231001A) em falha
08/02/2011	TIT-1231612 B Manutenção Instrumento
10/02/2011	C-1231001A Limp filtros Y sist óleo agua
11/02/2011	MC-1231001A- Rod Drop alarme ZE 604
11/02/2011	PIT-1231621Manutenir Instrumento
11/02/2011	PI-1231637 sanar vaz. nas conexões
11/02/2011	PIT-1231635A sanar vaz. nas conexões
11/02/2011	PIT-1231635B Sanar vaz. nas conexões
11/02/2011	PIT-1231636 sanar vaz. nas conexões
11/02/2011	C-1231001A Vazam flange tub óleo 2"
11/02/2011	PI-1231644 Vazamento Conexão
11/02/2011	MC-1231001C - Vibração Alta Carter
14/02/2011	C-1231001A - Quebra Atuador de Válvula B
14/02/2011	PI-1231651 sanar vazamento.
14/02/2011	C-1231001C Vaz flange sucção óleo lubrif
17/02/2011	TI -1231642 Calibração
17/02/2011	TI -1231643 instalação
17/02/2011	TIT - 1231612 B Calibração
19/02/2011	M-PC-1231001B-03 Manutenir Motor Elét
27/02/2011	M-C-1231001C Completar nível de óleo
28/02/2011	TIT 1231609 B manutenção corretiva
28/02/2011	C-1231001 A manutenção corretiva
28/02/2011	C-1231001 A manutenção corretiva
04/03/2011	TIT-1231609A perda de indicação
04/03/2011	M-P-C- 1231001A-02A -vibração Critica
04/03/2011	M-P-C- 1231001A-02B -vibração Critica
04/03/2011	B-C-1231001C-02A - Vibração Critica
10/03/2011	C-1231001B - Troca Água Sist. Arrefecmto
14/03/2011	M-C-1231001B Completar nível de óleo
21/03/2011	C-1231001B Vazam tub óleo saída cárter

Data da nota	Descrição
28/03/2011	C-1231001A efetuar flushing do sist
29/03/2011	Defeito na partida do C-1231001C
31/03/2011	C-1231001C - Reparar Aterramento Painel
01/04/2011	PDIT-1231685 - Corrigir Vzto Gás
01/04/2011	PIT-1231686 - Corrigir Vzto Gás
04/04/2011	TIT-1231609A falha na indicação de temp
04/04/2011	PI-1231630A aferição de inst
04/04/2011	PI-1231630A1 Aferição de instrumentos
04/04/2011	PI-1231630A2 aferição de inst
08/04/2011	Completar nível de óleo do M-C-1231001A
08/04/2011	Realizar registro fotográfico C-1231001A
08/04/2011	Realizar registro fotográfico C-1231001B
11/04/2011	Efetuar verificação de vibração no CR
11/04/2011	Manutenção motor Caterpila
13/04/2011	M-C-1231001A Corrigir vazamento
13/04/2011	M-C-1231001C Corrigir vazamento da valv
15/04/2011	M-C-1231001A - Completar Óleo Lubr.
18/04/2011	TIT-1231602 em falha
19/04/2011	V-1231001C/B-03-Instalar Válvulas
25/04/2011	M-C-1231001C Revisão Inicial 1000Hrs
25/04/2011	M-C-1231001C Revisão Inicial 1000Hrs
25/04/2011	M-C-1231001C Revisão Inicial 1000Hrs
26/04/2011	BC1231001C02A acompanhar serv/verif vibr
27/04/2011	M-C-1231001C Completar nível óleo
30/04/2011	V-C-1231001A-03 BV c/ porca frouxa
11/05/2011	C-1231001A completar nível de óleo
25/05/2011	TIT-1231630 man suporte de fixação
09/06/2011	C-1231001C Montagem equipamento
14/06/2011	LSL-1231612 Reinstalar chave de nível
15/06/2011	M-C-1231001A calibração rotametro
15/06/2011	M-C-1231001C Calibrar rotametros
16/06/2011	PIT-1231601A
20/06/2011	FI-1231603 Instalar instrumento no local
20/06/2011	FI-1231603 Manut. instrumento zerado
20/06/2011	FI-1231.608 Manut. instrumento Zerado
20/06/2011	FI-1231609 Manut. instrumento zerado
20/06/2011	FI-1231611 Manut. instrumento zerado
20/06/2011	FI-1231614 Manut instrumento Zerado
20/06/2011	FI-1231616 Manut instrumento Zerado
20/06/2011	TI-1231659 sem indicação de temperatura
06/07/2011	C-1231001A - Manutenir Compressor
07/07/2011	C-1231001A vedar do eletroduto do ROD
07/07/2011	C-1231001B vedar do eletroduto do ROD
11/07/2011	C-1231001A - Medir Vibração
11/07/2011	B-C-1231001B-02B Baixa Eficiencia
11/07/2011	C-1231001B- Medir Vibração
15/07/2011	TIT-1231612B Falha no Sensor de Temp.
15/07/2011	ZAH-1231602 Verificar Calibração
15/07/2011	Instalar Tampão no dreno da tubulação.
15/07/2011	Instalar tampão nos drenos e vent's
18/07/2011	ZE-1231607 instrumento em falha
20/07/2011	MPC-1231001A-02A inspeção/reparo lubri
20/07/2011	MPC-1231001A-02B inspeção/reparo lubri
20/07/2011	MPC-1231001B-02A inspeção/reparo lubri
20/07/2011	MPC-1231001B-02B inspeção/reparo lubri
20/07/2011	MPC-1231001C-02A inspeção/reparo lubri

continuação

Data da nota	Descrição
20/07/2011	MPC-1231001C-02B inspeção/reparo lubri
26/07/2011	C-1231001B montagem das garrafas
27/07/2011	C-1231001A desmontagem das garrafas
28/07/2011	C-1231001 Substituir garrafas de N2
04/08/2011	C-1231001B Montar motor de arranque
05/08/2011	PAL-1231691 Alarmando Constantemente
08/08/2011	ZE-1231610 Instrumento em falha
08/08/2011	ZE-1231609 Instrumento em Falha
08/08/2011	ZE-1231611 Instrumento em falha
08/08/2011	ZE-1231612 Instrumentos em falha
10/08/2011	MPC-1231001A-03 Fixar Eletrodo Flex.
10/08/2011	MC1231001A - Lubrificar articulações
11/08/2011	TIT-1231628A Indicação Incoerente
16/08/2011	ZE-1231602 do C-001A Alarmando
18/08/2011	UTG Sul PSV-1231622 Válvula
23/08/2011	Reinstalação da PSV-1231622 - UTGSUL.
25/08/2011	M-C-1231001B Completar nível de óleo
28/08/2011	C-1231001C Limpeza de skid / Vazamentos
29/08/2011	TIT-1231616B Indicação Incoerente
31/08/2011	Retirar p/ calibrar PSV-1231610 - UTGA.
31/08/2011	PSV-1231622 Reenstalar PSV
31/08/2011	Realizar Inspeção Válvula Pressão Tescon
01/09/2011	TIT-1231626 Em Falha
02/09/2011	PSV-1231601 Redução do Set-point
02/09/2011	PSV-1231602 Redução do Set-point
09/09/2011	C-1231001C - Avaria Flexível Cil A
15/09/2011	C-1231001B Coleta vibração cilindros
16/09/2011	FI-1231609 Realizar Calibração/ aferição
16/09/2011	FI-1231611 Realizar Calibração/ aferição
16/09/2011	FI-1231614 Realizar Calibração/ Aferição
16/09/2011	FI-1231616 Realizar Calibração/ Aferição
16/09/2011	subst cilindro backup de N2 do C-001B
19/09/2011	UTG Sul PSV-1231610 Válvula Segurança C-
19/09/2011	TIT-1231628A Realizar calibração
21/09/2011	M-C-1231001B Substituir vela 1º Cilindro
27/09/2011	ZE-1231605 Realizar Inspeção
28/09/2011	M-B-C-1231001B-02-A Substituir rolamento
03/10/2011	PSV-1231613 Realizar calibração
09/10/2011	FIT-1231103 - Substituir conector
10/10/2011	PSV-1231107 Reinstalação de PSV
13/10/2011	PIT-1231671 Vazamento de N2
13/10/2011	PIT-1231679 Sanar vazamento de N2
18/10/2011	TIT-1231655 Fora do local
20/10/2011	VT-1231601A Substituição do
24/10/2011	C-1231001A Vazamento na PSV
24/10/2011	TI do gas combustivel com indicação fals
24/10/2011	C-1231001B Vazamento pelas Gaxetas
24/10/2011	C-1231001C Vazamento no Sist de N2
25/10/2011	M-C-1231001B Completar nível de óleo
25/10/2011	M-C-1231001C Completar nível de óleo
31/10/2011	ZE-1231612 alarmando constantemente
01/11/2011	PIT-1231671 Vazamento saída N2 do C-001A
07/11/2011	ZE-1231603 Alarmando Constantemente
07/11/2011	Dados de inspeção
07/11/2011	Dados de inspeção
07/11/2011	Dados de inspeção
07/11/2011	Dados de inspeção
07/11/2011	Dados de inspeção
08/11/2011	C-1231001A - Medir Vibração

Data da nota	Descrição
08/11/2011	B-C-1231001B-02A - Baixa eficiência
08/11/2011	B-C-1231001B-02B - Baixa eficiência
08/11/2011	C-1231001B- Flushing Sist Arrefecimento
08/11/2011	C-1231001B- Flushing Sist Arrefecimento
09/11/2011	C-1231001B Substituição do PI A Jusante
10/11/2011	M-C-1231001A Aquecimento do Motor
12/11/2011	M-C-1231001A (PCV motor partida)
14/11/2011	TE1231612A - Sensor em falha
15/11/2011	M-C-131001A Falha arranque e trip cil 1
15/11/2011	M-C-131001A Falha arranque e trip cil 1
16/11/2011	ZE-1231603 Alarmando.Verificar sensor
16/11/2011	ZE-1231604 Alarmando.Verificar sensor
16/11/2011	ZE-1231612 Alarmando.Verificar sensor
17/11/2011	C-1231001A Troca dos Cilindros de N2
17/11/2011	C-1231001B Troca dos Cilindros de N2
17/11/2011	C-1231001C Troca dos Cilindros de N2
17/11/2011	Dados de Inspeção
17/11/2011	Dados de Inspeção
17/11/2011	Dados de Inspeção
17/11/2011	Dados de Inspeção
18/11/2011	C-1231001A Verificar Queda de Haste
18/11/2011	TI-1231634 Instrumento em Falha(Calib)
18/11/2011	C-1231001C Verificar Queda de Haste
22/11/2011	GM45/2016 C-1231001C Vazam. Oleo Flange
23/11/2011	C-1231001A Verificar Vazamento de Gás
28/11/2011	TIT-1231636A Valor Incoerente
01/12/2011	PSV-1231622 Dando Passagem
02/12/2011	C-1231001 A - Recup válvulas compressor
02/12/2011	M-C-1231001A Teste válv termostáticas
03/12/2011	XV1231102 e XV1231105 Forces fechadas
05/12/2011	PDAH-1231103A Alarme Atuando
05/12/2011	Dados de inspeção
05/12/2011	Dados de Inspeção
10/12/2011	Dados de inspeção
14/12/2011	C-1231001A Inspeccionar Vazamento Flng 2"
14/12/2011	C-1231001B Inspeccionar Vazam Flange 2"
14/12/2011	XV-1231104 - desmontagem e manutenção
15/12/2011	Dados de inspeção
15/12/2011	Dados de inspeção
15/12/2011	Dados de inspeção
15/12/2011	Dados de inspeção
15/12/2011	Dados de Inspeção
15/12/2011	Dados de Inspeção
15/12/2011	Dados de Inspeção
15/12/2011	Dados de Inspeção
15/12/2011	Dados de Inspeção
15/12/2011	Dados de Inspeção
20/12/2011	Dados de inspeção
23/12/2011	C-1231001A Levantamento Vibração
23/12/2011	C-1231001A Levantamento Vibração
17/01/2012	Segundo C-1231001A Alta Temperatura
24/01/2012	C-1231001A Parada por Detonação
26/01/2012	TE-1231675 - SUBSTITUIR TERMOMETRO
02/02/2012	Montagem de Andaime
05/02/2012	M-C-1231001B - Temp_cilind_3 em falha
10/02/2012	M-B-C-1231001B-02-B Substituir rolamento
16/02/2012	M-C-1231001C Falha Sensor Temperatura
18/02/2012	M-C-1231001A Falha na partida
02/03/2012	Dados de Inspeção
02/03/2012	Dados de Inspeção
02/03/2012	Dados de Inspeção

continuação

Data da nota	Descrição
02/03/2012	Dados de Inspeção
07/03/2012	C-1231001A - Troca de FO
07/03/2012	C-1231001C - Troca de FO
07/03/2012	C-1231001C - Troca de FO
09/03/2012	Testes e informações sobre compressores
10/03/2012	Dados de inspeção
11/03/2012	XV-1231102 - Correção de falha
12/03/2012	TIT-1231627 Valor Falso
14/03/2012	ZE-1231602 Config. Rangers dos Sensores
15/03/2012	UTG Sul Pistao C-1231001B Compressor Gás
15/03/2012	Dados de inspeção
15/03/2012	Dados de Inspeção
20/03/2012	Dados de inspeção
28/03/2012	UTG Sul camisas C-1231001B Compressor Gá
02/04/2012	TIT-1231635 Instrumento em Falha
03/04/2012	P-C-1231001C-02 Telas ventiladores sujas
05/04/2012	V-C-1231001A-01A Efetuar Reparo
05/04/2012	V-C-1231001A-01B Efetuar Reparo
05/04/2012	Dados de Inspeção
05/04/2012	Dados de Inspeção
05/04/2012	Dados de Inspeção
05/04/2012	Dados de Inspeção
10/04/2012	C-1231001A.Instalação de tela
11/04/2012	C-1231001B Tela p/ Proteção Acoplamentos
11/04/2012	C-1231001C Tela p/ Proteção Acoplamentos
16/04/2012	M-C-1231001A Reaperto nos Flanges
16/04/2012	M-C-1231001B Reaperto nos Flanges
16/04/2012	M-C-1231001C Reaperto nos Flanges
20/04/2012	P-C-1231001A-02 Telas ventiladores sujas
20/04/2012	P-C-1231001B-02 Telas ventiladores sujas
24/04/2012	UTG Sul Compressor Alternativo
26/04/2012	M-B-C-1231001B-02B -Substituir Rolamento
26/04/2012	C-1231001C Limpeza de Skid
02/05/2012	C-1231001B Substituição cilindro N2
07/05/2012	TIT-1231615 Em Falha
08/05/2012	Retirar p/ manter PSV-1231601- UTGSUL
08/05/2012	Retirar p/ manter PSV-1231602- UTGSUL
08/05/2012	Retirar p/ manter PSV-1231603- UTGSUL
10/05/2012	XV-1231103 Manuténir Valv
10/05/2012	Dados de inspeção
10/05/2012	XV-1231104 - Manuténir Valv
18/05/2012	PSV-1231616 - Troca de PSV
18/05/2012	Psv-1231622 - Calibração da PSV3
20/05/2012	Dados de inspeção
21/05/2012	PIT-1231675 - Troca do manifold
23/05/2012	Retirar nervura do vaso(garrafa)
23/05/2012	M-P-C-1231001C-03 Troca de correias
27/05/2012	C-1231001A Instalação da garrafa sucção
27/05/2012	M-C-1231001A Falha na partida
28/05/2012	M-P-C-1231001A-2A Instalar Unid Seladora
28/05/2012	TIT-1231624A Indicação falsa
28/05/2012	M-B-C-1231001B-2B - Atterramento Solto
31/05/2012	C-1231001B Vazamento gás estojo Fixação
31/05/2012	V-C-1231001B-03 - Instalar vaso
31/05/2012	V-C-1231001C-03 - Instalar vaso
01/06/2012	TIT-1231619A - Em Falha
04/06/2012	C-1231001A Inspeção sist N2
04/06/2012	C-1231001B Inspeção sist N2

Data da nota	Descrição
04/06/2012	Retirar nervura do vaso
04/06/2012	Retirar nervura do vaso
05/06/2012	M-P-C-1231001A-03 Troca de correias
07/06/2012	M-B-C-1231001B-02B - Atterramento Solto
08/06/2012	PIT-1231675 - Vamento manifold
15/06/2012	Retirar nervura do vaso
15/06/2012	Retirar nervura do vaso
15/06/2012	Dados de inspeção
20/06/2012	M-C-1231001A Falha na PCV ent gás comb
25/06/2012	TIT-1231619B Ocilando Intermitentemente
25/06/2012	C-1231001B Limpeza de Skid
30/06/2012	PI-1231623 - Vazamento Fluido
09/07/2012	XV-1231107 - desmontagem e manutenção
13/07/2012	TIT-1231611 - Em Falha
17/07/2012	M-C-1231001B-Subst. do mangote do filtro
19/07/2012	P-C-1231001A-03 - Substituir Correia
23/07/2012	PDIT-1231690 - Em Falha
25/07/2012	LSL-1231610 - Falha no sensor
30/07/2012	M-P-C-1231001A-2A Instalar Unid Seladora
30/07/2012	M-P-C-1231001A-2B Instalar Unid Seladora
30/07/2012	M-C-1231001B Substituir Válv Reg combust
02/08/2012	PIT-1231681 - Em Falha
14/08/2012	B-C-1231001A-02B - Baixa Eficiência
14/08/2012	M-P-C-1231001A-02A - Eletroduto Solto
14/08/2012	M-B-C-1231001B-01A Eletroduto Danificado
14/08/2012	M-B-C-1231001C-01A Eletroduto Danificado
22/08/2012	PCV-1231620 - PCV Travada em 11kgf/cm ²
23/08/2012	C-1237001B - Manuténir válvulas do compr
27/08/2012	C-1231001-A Vazamento trocador de calor
27/08/2012	C-1231001-A Vazamento trocador de calor
27/08/2012	C-1231001-A Vazamento trocador de calor
27/08/2012	M-C1231001-A Vazamento de óleo retentor
28/08/2012	M-C-1231001C Substituir Mangote de Ar
29/08/2012	PIT-1231681 - Medição Incorreta p/ IHM
06/09/2012	M-C-1231001A Falha no arranque
06/09/2012	M-C-1231001A Falha no arranque
10/09/2012	XV-1231102 - Volante da VB Quebrado
11/09/2012	ZE-1231605 - Valores Congelados
11/09/2012	ZE-1231606 - Em Falha
11/09/2012	ZE-1231607 - Valores Congelados
11/09/2012	ZE-1231608 - Valores Congelados
11/09/2012	M-C-1231001C -Instalar motor de arranque
13/09/2012	M-C-1231001A Falha no arranque
13/09/2012	M-C-1231001B Falha no arranque
14/09/2012	V-C1231001A-01A Retirada da garrafa
14/09/2012	C-1231001C Desmontagem de Andaime
16/09/2012	M-C-1231001A - Sanar vazam óleo hidraulic
16/09/2012	C-1231001B Sanar vazamento de óleo
16/09/2012	C-1231001B Corrigir fixação dos cilindro
16/09/2012	M-C-1231001A - Instalar PI
17/09/2012	TIT-1231615 - Alarmando
23/09/2012	PCV-1231625 - Oscilação de Pressão
23/09/2012	FT-1231001C - Limpeza Filtro Sucção
28/09/2012	PSV-1231628 - Retirar para troca de mola
28/09/2012	PSV-1231629 - Retirar para troca de mola
28/09/2012	PSV-1231630 - Retirar para troca de mola
01/10/2012	ZE-1231611 - Alarmando Intermitentemente
01/10/2012	P-C-1231001C-02A Vazamento VB Equalizaçã
03/10/2012	C-1231001C - Parafuso Quebrado

Data da nota	Descrição
17/10/2012	VT-1231603B - Indicação falsa
23/10/2012	VT-1231601A - Instrumento em falha
24/10/2012	TI-1231634 - Indicação Errada
26/10/2012	C-1231001C MONTAGEM DE ANDAIME
01/11/2012	XV-1231105 - Corrosão
01/11/2012	M-C-1231001B - Falha Queima Cil 01
01/11/2012	M-C-1231001B - Falha Queima Cil 01
01/11/2012	B-C-1231001C-02B - Baixa Eficiência
01/11/2012	C-1231001C - Vazamento de N2
06/11/2012	UTGSUL Manuténir Velas
13/11/2012	XV-1231103 Montagem pau de carga
13/11/2012	M-P-C-1231001B-02A/02B Montagem Andaime
15/11/2012	C-1231001A Estojo Junta Expansão Frouxo
20/11/2012	M-C-1231001C Nível de óleo baixo
21/11/2012	PSV-1231616 - Retirar PSV/Colar Tampão
21/11/2012	PSV-1231621 - Retirar PSV/Colar Tampão
22/11/2012	C-1231001B - Falha na Comutação de Carga
22/11/2012	M-C-1231001B - Falha na Partida.
22/11/2012	M-C-1231001B - Falha na Partida.
22/11/2012	M-C-1231001C- Falha na Partida.
04/12/2012	PI1231622 - Vazamento H2O refrigeração
04/12/2012	PSV-1231616- Tamponamento de orifício
04/12/2012	C-1231001A Filtro y e chapeu de bruxa
04/12/2012	C-1231001A Filtro y e chapeu de bruxa
04/12/2012	XV-1231103-Válvula travando
04/12/2012	PSV-1231621 - Tamponamento de orifício
04/12/2012	PSV-1231626 - Tamponamento de Orifício
05/12/2012	C-1231001B - Retirada Garrafa Sucção
05/12/2012	C-1231001C - Retirada Garrafa Sucção
10/12/2012	TIT-1231603 - Indicação Incorreta
11/12/2012	XV-1231103- Retirar Valvula para manut
19/12/2012	M-C-1231001A Completar nível óleo
04/01/2013	M-C-1231001C Trip por detonação partida
04/01/2013	M-C-1231001C Trip por detonação partida
10/01/2013	C-1237001B - Manuténir válvulas do compr
15/01/2013	Dados de Inspeção
22/01/2013	C-1231001B Linha 1 1/2" Passagem de Ar VB
23/01/2013	C-1231001A - Sanar Vazamento Gaxeta
05/02/2013	(LIT)LSL-1231608 Alarmando Nv Baixo Oleo
08/02/2013	Teste: C-1231001A -Falha Mancal (SERTEC)
08/02/2013	XV-1231104 - Falha no Fechamento
15/02/2013	M-C-1231001A - Subst. Vela do Cilindro 1
15/02/2013	Dados de Inspeção
23/02/2013	C-1231001B Limpeza de Skid
23/02/2013	C-1231001C Limpeza de Skid
25/02/2013	ZE-1231611 - Falha instrumento
04/03/2013	C-1231001B Limpeza do filtro
04/03/2013	C-1231001C Temperatura alta na descarga
07/03/2013	TE-1231619A Substituir instrumento
14/03/2013	M-C-1231001A Temperat Alta Agua Jaqueta
19/03/2013	C-1231001A Montagem de engaxetamentos
19/03/2013	C-1231001C Manuténir Válvulas
20/03/2013	M-C-1231001A Substitui parafusos biela
20/03/2013	M-C-1231001B Substitui parafusos biela
20/03/2013	M-C-1231001C Substitui parafusos biela
26/03/2013	XV-1231103 - Valv 1" dando Passagem
01/04/2013	C1231001C Troca dos internos e Lapidação
09/04/2013	M-C-1231001B Quebra cilin.motor arranque
10/04/2013	ZE-1231602 - Alarmando Constantemente

Data da nota	Descrição
11/04/2013	M-C-1231001C-Vazam óleo bomba pré-lube
12/04/2013	C-1231001A/B/C - Curvas PV- Rendimento
15/04/2013	C-1231001C Brunimento camisas cilindro
16/04/2013	XV-1231106 VB By-Pass Não Movimentando
18/04/2013	PSV-1231902 Instalar Valvula Segurança
22/04/2013	TIT1231607A - Indicação falsa
22/04/2013	B-C-1231001C-02A - Bomba Não Partindo
29/04/2013	TE-1231611 - Alarmando Intermitentemente
08/05/2013	ZE-1231610 - Valores Altos
08/05/2013	TIT-1231630 - Em Falha
08/05/2013	PIT-1231614 - Vazamento no Tubing
09/05/2013	Dados de inspeção
09/05/2013	Dados de inspeção
09/05/2013	Dados de inspeção
15/05/2013	C-1231001C Desmontagem de Andaime
22/05/2013	TIT-1231608 - Em Falha
26/05/2013	M-C-1231001A Bx nível óleo hidráulico
26/05/2013	PSV-1231609 Vazamento pela conexão
03/06/2013	Montagem andaime C-1231001B Compressor g
17/06/2013	C-1231001C - Oleo apresentando Espuma
25/06/2013	C-1231001A - Oleo apresentando Espuma
26/06/2013	XV-1231105 - Válvulas dando Passagem
03/07/2013	M-C-1231001B - PCV Instavel
04/07/2013	Cancelado - Serviço Concluido
04/07/2013	C-1231001B - Retirar PCV-1231620
04/07/2013	PIT-1231614 - Vazamento no Tubing
04/07/2013	TI-1231634 - Indicação Errada
10/07/2013	PCV-1231620 VB A Montante dando Passagem
15/07/2013	M-P-C-1231001C-03 - Correia Frouxa
17/07/2013	UTGSUL Manuténir Velas
29/07/2013	C-1231001A/B - Queima pelo engaxetamento
30/07/2013	M-P-C-1231001A-02A Inspeccionar correias
30/07/2013	M-C-1231001C - Correias Folgadas
31/07/2013	M-C-1231001A Faltam paraf Junta Expansão
01/08/2013	M-C-1231001A SV DA PRE-LUBE
02/08/2013	MC-1231001B Substituição de parafusos
05/08/2013	TI - 1231605 Substituir Instrumento
05/08/2013	TI - 1231634 - Substituir Instrumento
06/08/2013	M-C-1231001A-Substituição de Modulo ECM
16/08/2013	M-C-1231001A Completar água sist jaqueta
16/08/2013	M-C-1231001A Completar água sist jaqueta
26/08/2013	MC-1231001C Motor de arranque
27/08/2013	P-C-1231001A-03 Limpeza feixe tubos
01/09/2013	GM85/2015 V-C-1231001B-03 Purgador defei
02/09/2013	TIT- 1231615 Medição incorreta
02/09/2013	M-C-1231001B Acoplamento danificado
05/09/2013	B-C-1231001A-02A - Lógica divergente
05/09/2013	XV-1231107 - Vazamento pela gaxeta.
05/09/2013	PVC-1231625 VB dando passagem.
05/09/2013	XV-1231107 - Defeito da reguladora
06/09/2013	B-C-1231001B-02B Check travando Aberto.
10/09/2013	M-C-1231001B Faiscas do motor arranque
14/09/2013	M-C-1231001C-Falha na partida
14/09/2013	M-C-1231001C-Falha na partida
16/09/2013	AIT-1231601 - Travado em 0%
17/09/2013	C-1231001B Adequação de Acesso
18/09/2013	C-1231001A Limpeza do Skid
18/09/2013	C-1231001B Limpeza do Skid

Data da nota	Descrição
18/09/2013	C-1231001C Limpeza do Skid
18/09/2013	C-1231001C Pintura de Advertência
30/09/2013	M-C1231001A Limpeza Skid Plataforma FT Ar
30/09/2013	M-C1231001A Substituir filtros de óleo
30/09/2013	M-C1231001B Limpeza Skid Plataforma FT Ar
30/09/2013	M-C1231001C Limpeza Skid Plataforma FT Ar
01/10/2013	B-C-1231001C-02A Substituir óleo oxidado
01/10/2013	B-C-1231001C-02B Substituir óleo oxidado
03/10/2013	M-C-1231001C - Montagem de andaime
09/10/2013	UTGSUL Manuténir Válvulas
14/10/2013	C-1231001C - Montagem de andaime
21/10/2013	M-C-1231001A Investigar Aquec Água JW
21/10/2013	UTGSUL Manuténir Válvulas
23/10/2013	P-C-1231001A-02A VB com vazamento
23/10/2013	UTGSUL Manuténir Válvulas
31/10/2013	PI-1231631 - Vazamento no instrumento
08/11/2013	ZE-1231601 - Em falha
08/11/2013	ZE-1231602 - Em falha
08/11/2013	ZE-1231603 - Em falha
08/11/2013	ZE-1231604 - Em falha
12/11/2013	NOTA CANCELADA.
25/11/2013	M-C-1231001A Fator de correção do combus
25/11/2013	M-C-1231001B Fator de correção do combus
25/11/2013	M-C-1231001C Fator de correção do combus
25/11/2013	M-C-1231001C Fator de correção do combus
26/11/2013	C-1231001B - Montagem Andaime
28/11/2013	LSL-1231612 Alarmando Intermitentemente
30/11/2013	M-C-1231001B acoplamento danificado
02/12/2013	M-C-1231001A UTGSUL Manuténir Velas
02/12/2013	P1-M-C-1231001B Fabricar Acoplamento
03/12/2013	M-P-C-1231001B-02B Falha em partir
04/12/2013	M-P-C-1231001B-02B - Montagem de andaime
07/12/2013	M-C-1231001C-Reparo no mot. arranq.
09/12/2013	TI-1231687 - Calibrar instrumento
09/12/2013	TI-1231689 - Calibrar instrumento
09/12/2013	TI-1231688 - Calibrar instrumento
09/12/2013	TI-1231682 - Calibrar instrumento
10/12/2013	B-C-1231001A-02B Baixa Eficiência
10/12/2013	M-C-1231001A Falha queima cil 6
10/12/2013	PI-1231678 Calibrar instrumento
10/12/2013	PI-1231676 Calibrar instrumento
18/12/2013	PIT-1231681 Indicação no SSC divergente
18/12/2013	TI-1231669 Calibrar instrumento
18/12/2013	TI-1231671 Calibrar instrumento
18/12/2013	TI-1231667 Calibrar instrumento
18/12/2013	UTG SUL Manuténir M-P-C-1231001B-02B
18/12/2013	TI-1231629 Calibrar instrumento
18/12/2013	TI-1231676 Calibrar instrumento
19/12/2013	ZE-1231612 Em falha no SSC.
20/12/2013	M-C-1231001A PI com Indicação Incoerente
27/12/2013	PI-1231672 - Calibrar instrumento
27/12/2013	PI-1231674 - Calibrar instrumento
27/12/2013	PI-1231648 - Calibrar instrumento
27/12/2013	PI-1231627 - Calibrar instrumento
27/12/2013	PI-1231628 - Calibrar instrumento
27/12/2013	PI-1231651 - Calibrar instrumento
30/12/2013	ZE-1231606 Em falha no SSC.
02/01/2014	XV-1231006 - Montagem de andaime
03/01/2014	PI-1231668 Calibrar Instrumento

Data da nota	Descrição
03/01/2014	PI-1231670 Calibrar Instrumento
03/01/2014	PI-1231644 Calibrar Instrumento
03/01/2014	PI-1231624 Calibrar Instrumento
03/01/2014	TI-1231656 - Calibrar Instrumento
03/01/2014	TI - 1231663 - Calibrar Instrumento
04/01/2014	PDIT- 1231647 - Vazamento conexões
05/01/2014	B-C-1231001 02A Completar nível de óleo
05/01/2014	M-C-1231001A Repor óleo Motor de Partida
06/01/2014	M-C-1231001A Fabricar/instalar proteção
06/01/2014	M-C-1231001B - Montagem de andaime
06/01/2014	PDIT-1231647 Vazamento de óleo
06/01/2014	ZE-1231612 Falha no Supervisório
06/01/2014	C-1231001C Vazamento óleo Flange
08/01/2014	AIT-1231601 - Corrigir falha
08/01/2014	AIT-1231602 - Corrigir falha
09/01/2014	PI-1231634 - Calibrar instrumento
09/01/2014	PI-1231623 - Calibrar instrumento
09/01/2014	PI-1231641 - Calibrar instrumento
09/01/2014	PI-1231674 - Calibrar instrumento
09/01/2014	PI-1231672 - Calibrar instrumento
09/01/2014	V-C-1231001B-01A - Montagem de andaime
13/01/2014	TI-1231638 - Calibrar instrumento
13/01/2014	TI-1231639 - Calibrar instrumento
13/01/2014	TI-1231646 - Calibrar instrumento
13/01/2014	TI-1231650 - Calibrar instrumento
13/01/2014	TI-1231653 - Calibrar instrumento
13/01/2014	TI-1231661 - Calibrar instrumento
13/01/2014	TI-1231665 - Calibrar instrumento
13/01/2014	TI-1231666 - Calibrar instrumento
13/01/2014	TI-1231672 - Calibrar instrumento
13/01/2014	PI-1231648 - Calibrar instrumento
13/01/2014	PI-1231627 - Calibrar instrumento
13/01/2014	PI-1231628 - Calibrar instrumento
13/01/2014	PI-1231651 - Calibrar instrumento
13/01/2014	PI-1231646 - Calibrar instrumento
15/01/2014	B-C-1231001A-02B - Baixa eficiência
24/01/2014	LSL-1231612 - Alarme Intermitente
29/01/2014	TE-1231626 - Em Falha (Alarmando)
31/01/2014	PSV-1231627 - Ret. p/ calibrar (Plano)
02/02/2014	PIT-1231686 - Eletroduto danificado
02/02/2014	M-C-1231001C-Falha na partida
02/02/2014	M-C-1231001C-Falha na partida
04/02/2014	TE-1231626 - Montagem de andaime
07/02/2014	PSV-1231627 - Montagem de andaime
12/02/2014	C-1231001C Vazamento de óleo no flange.
08/03/2014	PSV-1231617 Retirar PSV - GIM-015/2014
11/03/2014	PCV-1231609 PI com indicação "incoerente
12/03/2014	M-C-1231001B-Temperatura alta de ar
12/03/2014	PSV- 1231627 - Calibrar válvula seguranc
13/03/2014	AIT-1231603 - calibrar instrumento
14/03/2014	C-1231001B - Limpeza do skid
14/03/2014	PIT-1231649 B - Vazamento nas conexões
14/03/2014	C-1231001C - Limpeza do skid
14/03/2014	P-C-1231001C-02B - Sanar vazamento
15/03/2014	PIT-1231650 - Vazamento em conexões
19/03/2014	C-1231001A- Vazamento pelo engaxetamento
24/03/2014	PN-C-1231001A - Substituir bateria
24/03/2014	PN-C-1231001B - Substituir bateria
24/03/2014	PN-C-1231001C - Substituir bateria

continuação

Data da nota	Descrição
31/03/2014	M-C-1231001B - Montagem de andaime
01/04/2014	C - 1231001A - UTGSUL Manutenir Válvulas
02/04/2014	PCV-1231609 - vazam no manifold de N2
14/04/2014	C-1231001A Pressurizando sucção.
24/04/2014	M-C-1231001A - Manutenir Velas
24/04/2014	M-C-1231001A - Manutenir Velas
28/04/2014	C-1231001A/B/C-Substituir parafusos
08/05/2014	10"P-1231-E6-107-IF- Montagem de andaime
16/05/2014	PSV-1231616 Ret. p/ calibrar (Plano).
16/05/2014	PSV-1231621 Ret. p/ calibrar (Plano).
16/05/2014	PSV-1231626 Ret. p/ calibrar (Plano).
16/05/2014	C-1231001C - Vb 1 1/2" Vazando.
19/05/2014	M-C-1231001B - Limpeza Skid
03/06/2014	UTGSUL Manutenir Válvula
03/06/2014	TIT-1231630 Oscilando valores
04/06/2014	M-C-1231001B-Pendência de man de 4000hs
05/06/2014	UTGSUL Lapidação
05/06/2014	M-B-1231001B-02B inspecionar acoplamento
05/06/2014	UTGSUL Recuperação camisas compressor
05/06/2014	UTGSUL Recuperação camisas compressor
12/06/2014	C-1231001B FT Chapéu de Bruxa c DP alta
12/06/2014	M-C-1231001B Sensor ar da turb em falha
16/06/2014	ZE-1231607 Em falha no SSC
16/06/2014	C-1231001C Alarme de nível óleo em falha
16/06/2014	M-P-C-1231001C-02A/B-Montagem de Andaime
18/06/2014	UTGSUL Lapidação
23/06/2014	C-1231001B - UTGSUL Manutenir Válvulas
25/06/2014	B-C-1231001C-02A Baixa pressão de descarga
26/06/2014	C-1231001A - Limpeza de skid
04/07/2014	B-C-1231001B-02A Substituir óleo oxidado
04/07/2014	B-C-1231001B-02B Substituir óleo oxidado
04/07/2014	P-C-1231001C-02B Vazamento óleo flange
04/07/2014	MC-1231001C Limpar visor nível TQ EXP JW
08/07/2014	C-1231001B - UTGSUL Manutenir Filtro
14/07/2014	P-C-1231001B-03 TENSIONAR CORREIA
21/07/2014	M-C-1231001A Alarme "DATA INTERM" Ativo
22/07/2014	C-1231001C- Montagem de andaime
28/07/2014	TIT-1231611 Falha no Supervisório
29/07/2014	B-C1231001B-02A TROCA DA JUNTA DE EXPAN.
29/07/2014	B-C1231001A-02A-Troca da Junta de Expan.
29/07/2014	B-C1231001A-02B TROCA DA JUNTA DE EXPAN.
29/07/2014	B-C1231001B-02B TROCA DA JUNTA DE EXPAN.
29/07/2014	B-C1231001C-02B TROCA DA JUNTA DE EXPAN.
30/07/2014	PSV-1231617 Ret. p/ calibrar (Plano).
31/07/2014	PSV-1231602 Ret. p/ calibrar (Plano).
04/08/2014	P-1231001A-03 Tensionar correia.
04/08/2014	C-1231001B - Montagem de andaime
07/08/2014	LSL-1231608 Em falha intermitente no SSC
11/08/2014	M-C-1231001C Cilindro 6 com queima baixa
11/08/2014	M-C-1231001C Cilindro 6 com queima baixa
12/08/2014	PSV-1231610 Ret. p/ calibrar (Plano).
22/08/2014	MANUTENIR/CALIBRAR PSV-1231617 (UTGSUL)
26/08/2014	V-C-1231001A-02A - Inspeção Externa
28/08/2014	V-C-1231001B-02B - Inspeção externa
01/09/2014	REALIZAR PINTURA - PSV-1231617 (UTGSUL)

Data da nota	Descrição
07/10/2014	M-P-C-1231001A-02A Correia Partida
08/10/2014	XV-1231106 Substituir manômetro
09/10/2014	M-P-C-1231001C-02B Correia Partida
16/10/2014	P-C-1231001A/B/C-03A Criar plno Prevntva
16/10/2014	P-C-1231001B-03A Executr hidrojateamento
16/10/2014	P-C-1231001C-03A Executr hidrojateamento
17/10/2014	C-1231001C-Falha por detonação
20/10/2014	ZE-1231608 Em Falha no SSC
20/10/2014	TIT-1231614 Não está medindo Temp Negat.
20/10/2014	GM TIT-1231614 Alterar range
20/10/2014	MC-1231001B - Montagem de andaime
20/10/2014	TIT-1231626 Não está medindo Temp Negat.
20/10/2014	GM TIT-1231626 Alterar range
21/10/2014	M-C-1231001A Motor de arranque travado
23/10/2014	RTI de Inspeção Periódica Externa
29/10/2014	C-1231001A - Realizar limpeza
29/10/2014	C-1231001B - Realizar limpeza
29/10/2014	C-1231001C - Realizar limpeza
31/10/2014	TIT-1231609A Em falha no SSC.
03/11/2014	PCV-1231620 Dando passagem
05/11/2014	TIT-1231602 Alterar range de medição
05/11/2014	C-1231001A-LIMPEZA DE FILTRO
12/11/2014	ZE-1231601 Em falha no SSC
12/11/2014	TIT-1231612A Indicação "Incoerente"
18/11/2014	PN-C-1231001B - Falha indicação no IHM
18/11/2014	PN-C-1231001C - Falha indicação no IHM
24/11/2014	C-1231001A - Falha no equipamento
26/11/2014	GM85/2015 V-C-1231001A-03 Purgador defei
26/11/2014	GM85/2015 V-C-1231001C-03 Purgador defei
27/11/2014	TIT-1231615 FALHA CONSTANTE
09/12/2014	M-P-C-1231001A-02B -Substituir correia
09/12/2014	M-P-C-1231001B-02A -Substituir correia
09/12/2014	M-P-C-1231001B-02B -Substituir correia
09/12/2014	M-P-C-1231001C-02A Substituir Correia
11/12/2014	C-1231001A Lógica dos permutadores
11/12/2014	C-1231001B Lógica dos permutadores
11/12/2014	C-1231001C Lógica dos permutadores
19/12/2014	PSV-1231906 Ret. p/ calibrar (Plano).
22/12/2014	ZE-1231604 Em falha no SSC
22/12/2014	MC-C-1231001C Detonação
22/12/2014	MC-C-1231001C Detonação
05/01/2015	C-1231001C - Substituir óleo
09/01/2015	XV-1231106 Lubrificar VB a jusante
13/01/2015	M-P-C-1231001B-02A Correia Frouxa
14/01/2015	C-1231001A - Realizar Testes Cartões
14/01/2015	C-1231001B - Realizar Testes Cartões
14/01/2015	C-1231001C - Realizar Testes Cartões
14/01/2015	C-1231001C- Tratamento e Pintura
19/01/2015	TIT-1231628A Indicação "duvidosa"
27/01/2015	TIT-1231606 Em falha no SSC
27/01/2015	C-1231001B Exportação Indevida
28/01/2015	ZE-1231602 Falha Intermitente
28/01/2015	P-C-1231001B-02B Rolamentos com defeito
28/01/2015	XV-1231107 Lubrificar VB a jusante
30/01/2015	RETRABALHO - Nota 7066987
09/02/2015	Cancelada
12/02/2015	TIT-1231632 Valor incoerente
13/02/2015	XV-1231106 VB jusante vazando gaxeta
19/02/2015	C-1231001B- Limpeza do Skid

continuação

Data da nota	Descrição
23/02/2015	M-C-1231001A Linha de exaustão sem paraf
23/02/2015	M-C-1231001B Isolamento da exaustão solt
03/03/2015	PCV-1231615 Dando passagem
06/03/2015	M-C-1231001A VB de 3" dando passagem
06/03/2015	M-C-1231001A-Vazamneto pela tampa.
06/03/2015	M-C-1231001A-Vazamneto pela tampa.
06/03/2015	M-C-1231001C Falha de detonação
10/03/2015	C-1231001A Realizar limpeza geral
10/03/2015	M-C-1231001A Realizar limpeza geral
17/03/2015	FIT1231105 - Indicação falsa
19/03/2015	M-C-1231001A Fabricar proteção Acoplamen
19/03/2015	MC-1231001A Completar nível de óleo
19/03/2015	MC-1231001A Completar óleo hidráulico
19/03/2015	MC-1231001A Completar nível de óleo
19/03/2015	M-C-1231001B Fabricar proteção Acoplamen
27/03/2015	TIT-1231627 Em falha no SSC
28/03/2015	M-C-1231001A Falha no Sistema Hidrax
06/04/2015	M-C-1231001B Falha motor arranque
10/04/2015	TIT-1231608 Em falha no SSC
14/04/2015	PSV-1231604 - Ret. p/ calibrar (Plano).
14/04/2015	PSV-1231607 - Ret. p/ calibrar (Plano).
17/04/2015	M-C-1231001A-Vaz. ext. na choke
17/04/2015	M-C-1231001A-Vaz. ext. na choke
17/04/2015	V-C-1231001C-01B Apertar Parafusos
17/04/2015	M-C-1231001C-Vaz. ext. na choke
19/04/2015	M-C-1231001C-TROCA DA VÁL TQ HIDRAX
23/04/2015	C-1231001A/B/C Analisar SET POINT de T
23/04/2015	C-1231001A/B/C Atualizar tabela de Trip
23/04/2015	Inspeção do V-C-1231001C-01A
28/04/2015	TIT-1231612A FALHA INTERMITENTE
05/05/2015	P-C-1231001A-02 Limpeza do air cooler
05/05/2015	P-C-1231001B-02 Limpeza no air cooler
05/05/2015	P-C-1231001C-02 Limpeza do air cooler
08/05/2015	M-C-1231001B - Substituir Pino graxeiro
11/05/2015	M-C-1231001C-Condensado nas velas
19/05/2015	UTGSUL - Manutenir VB
19/05/2015	XV-1231103 Nervura da by-pass avariada
22/05/2015	TIT-1231608 Indicação oscilando muito
22/05/2015	ZE-1231610-Falha Trans. Vibração Empuxo
25/05/2015	M-B-C-1231001C-02A - Corrigir Eletrodo
26/05/2015	M-C-1231001A Substituir mangotes
26/05/2015	M-C-1231001C Substituir mangotes
27/05/2015	C-1231001A - Analise Falha Paraf Atuador
02/06/2015	C-1231001A Ruído na sucção do Cil C - LT
04/06/2015	V-C-1231001C-01A - Substituir estojos
05/06/2015	Lista Técnica - NEA VENDA - UTGSul
08/06/2015	M-C-1231001A - ANALISAR FALHA - MAR/15
08/06/2015	MOT ARRANQUE M-C-1231001B ANALISAR FALHA
12/06/2015	TIT-1231616B Indicação falsa
19/06/2015	PSV-1231107 Ret. p/ calibrar (Plano).
22/06/2015	M-C-1231001A Limpar sensor de combustão
25/06/2015	Reparo peças compressor NEA - UTGSul
29/06/2015	C-1231001B - Limpeza Skid
29/06/2015	M-C-1231001B Refazer Isolamento Térmico
29/06/2015	C-1231001C - Limpeza Skid
29/06/2015	M-C-1231001C Refazer Isolamento Térmico
03/07/2015	M-C-1231001A Fator de correção do combus
06/07/2015	C-1231001B Proteger acoplamento
09/07/2015	C-1231001A Vazamento de gás no cil. C

Data da nota	Descrição
09/07/2015	C-1231001B Instalar atuador no cil. A
09/07/2015	M-C-1231001C-Pendência OM Pvr2013288192
09/07/2015	M-C-1231001C-Pendência OM Pvr2013288192
09/07/2015	M-C-1231001C-Pendência OM Pvr2013288192
12/07/2015	M-C-1231001C: Verificar velas e ckecks
12/07/2015	M-C-1231001C: Verificar velas e ckecks
13/07/2015	C-1231001B Eletrodo solto com água
28/07/2015	PCV-1231606 Instalar Manômetro
28/07/2015	PCV-1231606 VB com vazamento
28/07/2015	PCV-1231606 Instalar Mangote
28/07/2015	V-C-1231001A interligar ar de instrument
28/07/2015	PCV-1231612 Manutenir PCV
29/07/2015	C-1231001A VB a montante não abre
08/08/2015	M-B-C-1231001A-01A Corrigir Eletrodo
08/08/2015	M-P-C-1231001B-02B Corrigir Eletrodo
19/08/2015	M-C-1231001A Atualizar TAG's das PCVs
19/08/2015	M-C-1231001B Atualizar TAG's das PCVs
19/08/2015	M-C-1231001C Atualizar TAG's das PCVs
20/08/2015	PCV-1231620 Instalar no C-1231001A
06/09/2015	M-C-1231001C-Falha no arranque
08/09/2015	C-1231001B Desmontagem de andaime
09/09/2015	TIT-1231615 Indicação "duvidosa"
09/09/2015	TIT-1231621A Indicação "duvidosa"
13/09/2015	M-C-1231001C: Falha na partida
13/09/2015	M-C-1231001C cabo sensor temp. ar danifi
14/09/2015	MC-1231001A - Manutenir Velas de ignição
14/09/2015	MC-1231001A - Manutenir válvula regulad
14/09/2015	MC-1231001A - Manutenir Velas de ignição
14/09/2015	MC-1231001B - Manutenir Velas de ignição
14/09/2015	MC-1231001B - Manutenir válvula regulad
14/09/2015	MC-1231001B - Manutenir Velas de ignição
14/09/2015	MC-1231001C - Manutenir Velas de ignição
14/09/2015	MC-1231001C - Manutenir válvula regulad
14/09/2015	M-C-1231001C- Manutenir Velas de ignição
15/09/2015	C-1231001B manutener engaxetamentos
18/09/2015	PDIT-1231690 Vazamento no Manifold
21/09/2015	V-C-1231001A-03 - Inspeção Externa
24/09/2015	XV-1231102 Implementar Pop-up.
24/09/2015	XV-1231105 Implementar Pop-up
24/09/2015	XV-1231103 Implementar Pop-up.
24/09/2015	XV-1231106 Implementar Pop-up.
24/09/2015	XV-1231104 Implementar Pop-up.
24/09/2015	XV-1231107 Implementar Pop-up.
06/10/2015	M-C-1231001A Dificuldade em partir
06/10/2015	M-C-1231001B Dificuldade em partir
06/10/2015	M-C-1231001C Não partiu
08/10/2015	PCV-1231615 Internos avariados
08/10/2015	M-C-1231001A Alterar Gás Combustível
15/10/2015	C-1231001A Validar vazão máxima
15/10/2015	C-1231001B Validar vazão máxima
16/10/2015	C-1231001A Pendência da máquina man 2000
16/10/2015	M-C-1231001A-Trat. roda dentada do motor
20/10/2015	TIT-1231612A Valores incoerentes
21/10/2015	P-C-1231001B-03 Correias folgadas
22/10/2015	B-C-1231001A-02A/B manômetro descarga
22/10/2015	B-C-1231001C-02A/B manômetro descarga
26/10/2015	PCV-615 Regulagem manual

continuação

Data da nota	Descrição
26/10/2015	MC-1231001C Limpar óleo da base motor
27/10/2015	TIT-1231611 ALARMES CONSTANTES
27/10/2015	TIT-1231630 Indicação divergente
28/10/2015	M-C-1231001A Instalar conector em mangot
03/11/2015	M-C-1231001C-TROCA DE ROLAMENTOS
12/11/2015	LSL-1231608 Alarme espúrio
12/11/2015	C-1231001A Adequar PM chaves de nível
12/11/2015	C-1231001B Adequar PM chaves de nível
26/11/2015	P-C-1231001A03 Desgaste nas correias
26/11/2015	C-1231001C- Conex. Atuad. danificadas
27/11/2015	M-C-1231001B Substituir mangote
01/12/2015	M-C-1231001A-GIRO MAN. DANIFICADO
08/12/2015	M-C-1231001C Alter LT/LC da prev 24000h
11/12/2015	C-1231001A Temperatura alta cilindro C
15/12/2015	C-1231001A - Realizar limpeza
15/12/2015	C-1231001B - Realizar limpeza
18/12/2015	PCV-1231625 (Máq C): Falha em regular
19/12/2015	XV1231102 - Agarramento e Falha
21/12/2015	M-C-1231001B: Vazamento óleo hidráulico
23/12/2015	C-1231001A - Rec. Válvula de Sucção
23/12/2015	C-1231001B- Instalar Engaxet Hoerbiger
23/12/2015	GM2016/62 C-1231001C Inst Eng Hoerbiger
29/12/2015	XV-1231103 - Falha ao abrir
30/12/2015	C-1231001A Descarga Pressurizando sucção
30/12/2015	P-C-1231001A-03 Fabr jnela visit p corr
01/01/2016	AT-1231601 - Baixa Pressão N2
20/01/2016	M-C-1231001B-Temperatura alta na ent. ar
28/01/2016	AT-1231602 - Baixa Pressão N2
05/02/2016	XV-1231107 FALHA AO OPERAR
25/02/2016	C-1231001A Falha ZSH XV-1231102 e 105
25/02/2016	C-1231001B Equalizando Sucção/Descarga
26/02/2016	M-P-C-1231001A-03 - PINTURA DE TAG
26/02/2016	PSV-1231611 Ret. p/ calibrar (Plano)
26/02/2016	M-P-C-1231001B-03 - Pintar Tag
26/02/2016	PSV-1231612 Ret. p/ calibrar (Plano)
26/02/2016	M-P-C-1231001C-03 - Pintar Tag
29/02/2016	C-1231001A Nível de óleo baixo
29/02/2016	M-C-1231001A Retirada da preventiva 250h
29/02/2016	MC-C-1231001B Retirar preventiva de 250h
29/02/2016	MC-C-1231001C Retirar preventiva de 250h
01/03/2016	C-1231001A - Verificar Torques
02/03/2016	ZE-1231602 Conferir posição do sensor
02/03/2016	ZE-1231603 Conferir posição do sensor
02/03/2016	C-1231001A Vazamento retentor de óleo
02/03/2016	M-P-C-1231001A-02A Alinhar e tensionar
03/03/2016	XV-1231105 VB com vazamento na haste
04/03/2016	B-C-1231001B-02A BAIXA EFICIÊNCIA
04/03/2016	B-C-1231001B-02B BAIXA EFICIÊNCIA
20/03/2016	C-1231001A Quebra Parafuso Atuador
27/03/2016	B-C-1231001C-02A BAIXA EFICIÊNCIA
27/03/2016	B-C-1231001C-02B BAIXA EFICIÊNCIA
29/03/2016	ZE-1231604 Verificar motivo alarme
01/04/2016	C-1231001C - Falha IHM Local
05/04/2016	C-1231001A: Vazam sist óleo compressor
08/04/2016	M-C-1231001C - TRIP alta pres agua
08/04/2016	M-C-1231001C - TRIP alta pres agua
13/04/2016	C-1231001A Redução do SP do alarme de T
13/04/2016	C-1231001B Redução do SP de alarme de T
25/04/2016	TIT-1231607A Em falha no SSC

Data da nota	Descrição
02/05/2016	PSV-1231611 - Calibrar PSV
02/05/2016	PSV-1231612 - Calibrar PSV
04/05/2016	M-B-C-1231001B-02A Eletroduto solto
05/05/2016	V-C-1231001A-01A - Substituir estojos B6
05/05/2016	V-C-1231001A-01B - Substituir estojos B6
05/05/2016	V-C-1231001A-02A Substituir estojos B6
05/05/2016	V-C-1231001A-02B Substituir estojos B6
05/05/2016	V-C-1231001B-01A Substituir estojo B6.
05/05/2016	V-C-1231001B-01B Substituir estojos B6.
05/05/2016	V-C-1231001B-02A Substituir estojos B6.
05/05/2016	V-C-1231001B-02B Substituir estojos B6.
05/05/2016	V-C-1231001C-01A Substituir estojos B6.
05/05/2016	V-C-1231001C-01B Substituir estojos B6.
05/05/2016	V-C-1231001C-02A Substituir estojos B6.
05/05/2016	V-C-1231001C-02A Substituir estojos B6.
05/05/2016	V-C-1231001C-02B Substituir estojos B6.
15/05/2016	M-C-1231001B Falha na partida
15/05/2016	M-C-1231001B Falha na partida
17/05/2016	M-C-1231001C Trip pressão gás partida
18/05/2016	C-1231001A-Gás vent do engax. p/ motor
27/05/2016	C-1231001A Realizar limpeza nos Skids
27/05/2016	P-C-1231001A-02A Água suja de óleo
27/05/2016	M-C-1231001A - Recuperar velas
27/05/2016	M-C-1231001B Falha ao partir
30/05/2016	P-C-1231001A-02A Corrigir TAG
31/05/2016	PI-1231646 - Não instalado na area
02/06/2016	PSV-1231614 Ret. p/ calibrar (Plano)
02/06/2016	PSV-1231615 Ret. p/ calibrar (Plano)
03/06/2016	PSV-1231108 - Ret. p/ calibrar (Plano)
03/06/2016	PSV-1231109 - Ret. p/ calibrar (Plano)
06/06/2016	TIT-1231620 Variação de Temperatura
07/06/2016	TE1231616B-FALHA NA INDICAÇÃO
07/06/2016	M-P-C-1231001B-02A - Pintura danificada
07/06/2016	M-P-C-1231001C-02A - Pintura danificada
07/06/2016	M-P-C-1231001C-02B - Pintura danificada
10/06/2016	ZE-1231604A Variando indicação
16/06/2016	PSV-1231614 Calibrar PSV
16/06/2016	PSV-1231615 Calibrar PSV
20/06/2016	M-C-1231001B Junta da descarga rompida
20/06/2016	M-C-1231001C Vazamento óleo pré-lube
28/06/2016	AIT-1231602 NÃO FUNCIONA
04/07/2016	TIT-1231623 Em falha no SSC
04/07/2016	TIT-1231616A Indicação incoerente no SSC
04/07/2016	M-C-1231001B- Adequar suport da Descarga
07/07/2016	M-P-C-1231001A-02B Vibração anormal
20/07/2016	PSV-1231601 Ret. p/ calibrar (Plano)
20/07/2016	PSV-1231605 Ret. p/ calibrar (Plano)
20/07/2016	PSV-1231902 Ret. p/ calibrar (Plano)
20/07/2016	PSV-1231905 Ret. p/ calibrar (Plano)
20/07/2016	PSV-1231903 Ret. p/ calibrar (Plano)
20/07/2016	PSV-1231602 Ret. p/ calibrar (Plano)
20/07/2016	PSV-1231606 Ret. p/ calibrar (Plano)
20/07/2016	PSV-1231904 Ret. p/ calibrar (Plano)
20/07/2016	PSV-1231907 Ret. p/ calibrar (Plano)
20/07/2016	PSV-1231603 Ret. p/ calibrar (Plano)
20/07/2016	PSV-1231608 Ret. p/ calibrar (Plano)
20/07/2016	PSV-1231609 Ret. p/ calibrar (Plano)
21/07/2016	P-C-1231001B-02A- Substituir vedações
21/07/2016	P-C-1231001B-02B- Substituir vedações

continuação

Data da nota	Descrição
21/07/2016	P-C-1231001C-02A- Substituir vedações
21/07/2016	P-C-1231001C-02B- Substituir vedações
22/07/2016	XV-1231105 - valvula pintura danificada
28/07/2016	PSV-1231108 - Calibrar PSV
01/08/2016	C-1231001B - Montagem de Andaime
01/08/2016	AIT-1231603 Sinal alto em operação
02/08/2016	GM2016/71 C-1231001A mudança sist refrig
02/08/2016	GM2016/71 C-1231001B mudança sist refrig
02/08/2016	GM2016/71 C-1231001C mudança sist refrig
17/08/2016	PSV-1231606 - Calibrar PSV
17/08/2016	PSV-1231903 - Calibrar PSV
17/08/2016	PSV-1231602 - Calibrar PSV
17/08/2016	PSV-1231109 - Calibrar PSV
19/08/2016	M-C-1231001C - Montagem de andaime
22/08/2016	C-1231001A Realizar Flushing
30/08/2016	V-C-1231001B-01B - Realizar Teste de LP
01/09/2016	PSV-1231622 - Retirar para calibração
01/09/2016	PSV-1231622 - Calibrar PSV
01/09/2016	PSV-1231904 - Calibrar PSV
01/09/2016	PSV-1231907 - Calibrar PSV
01/09/2016	PSV-1231603 - Calibrar PSV

Data da nota	Descrição
01/09/2016	PSV-1231608 - Calibrar PSV
01/09/2016	PSV-1231609 - Calibrar PSV
05/09/2016	TIT-1231621A Indicação duvidosa
06/09/2016	TIT-1231621B Indicação duvidosa
22/09/2016	PSV-1231601 - Calibrar PSV
22/09/2016	PSV-1231605 - Calibrar PSV
22/09/2016	PSV-1231902 - Calibrar PSV
22/09/2016	PSV-1231905 - Calibrar PSV
26/09/2016	TIT-1231620 Apresentando falha
29/09/2016	M-C-1231001C Instalar proteção térmica
30/09/2016	V-C-1231001A-01A - Verificar/Limpar vaso
04/10/2016	PIT-1231613A Adequar descritivo alarme
04/10/2016	PIT-1231613B Adequar descritivo alarme
10/10/2016	PSV-1231904 - Pintar válvula segurança.
10/10/2016	PSV-1231907 - Pintar válvula segurança.
24/10/2016	M-B-C-1231001A-01A - eletroduto danifica
24/10/2016	M-B-C-1231001A-01A - eletroduto danifica
24/10/2016	M-P-C-1231001A-03 - Aterramento frouxo

Tabela A.2 - Dados dos instrumentos e sua taxonomia

ITEM	TAG	UNIDADE COMPRESSORA	SERVIÇO, LINHA OU EQUIPAMENTO	UNIDADE	SET POINT				TAXONOMIA (ISO 14224)
					LL	L	H	HH	
1	AIT-1231 601	A	Analisador de Oxigênio	%			4		1.2.13
2	AIT-1231 602	B	Analisador de Oxigênio	%			4		1.2.13
3	PDIT-1231 633	A	Pressão Diferencial no Filtro de óleo	Kgf/cm2			1		1.4.6
4	PDIT-1231 640	B	Pressão Diferencial no Filtro de óleo	Kgf/cm2			1		1.4.6
5	PDIT-1231 647	C	Pressão Diferencial no Filtro de Óleo	Kgf/cm2			1		1.4.6
6	PDIT-1231 680	A	Pressão Diferencial no Filtro de Óleo	Kgf/cm2			0,35		1.4.6
7	PIT-1231 601A	A	Transmissor de Pressão Entrada de Gás de Processo	Kgf/cm2g	62	64	71	74	1.6.2
8	PIT-1231 601B	A	Transmissor de Pressão Entrada de Gás de Processo	Kgf/cm2g	62	64	71	74	1.6.2
9	PIT-1231 604A	A	Transmissor de Pressão Saída de Gás de Processo	Kgf/cm2g			113,5	116	1.6.2
10	PIT-1231 604B	A	Transmissor de Pressão Saída de Gás de Processo	Kgf/cm2g			113,5	116	1.6.2
11	PIT-1231 607A	B	Transmissor de Pressão Entrada de Gás de Processo	Kgf/cm2g	62	64	71	74	1.6.2
12	PIT-1231 607B	B	Transmissor de Pressão Entrada de Gás de Processo	Kgf/cm2g	62	64	71	74	1.6.2
13	PIT-1231 610A	B	Transmissor de Pressão Saída de Gás de Processo	Kgf/cm2g			113,5	116	1.6.2
14	PIT-1231 610B	B	Transmissor de Pressão Saída de Gás de Processo	Kgf/cm2g			113,5	116	1.6.2
15	PIT-1231 613A	C	Transmissor de Pressão Entrada de Gás de Processo	Kgf/cm2g	62	64	71	74	1.6.2
16	PIT-1231 613B	C	Transmissor de Pressão Entrada de Gás de Processo	Kgf/cm2g	62	64	71	74	1.6.2
17	PIT-1231 616A	C	Transmissor de Pressão Saída de Gás de Processo	Kgf/cm2g			113,5	116	1.6.2
18	PIT-1231 616B	C	Transmissor de Pressão Saída de Gás de Processo	Kgf/cm2g			113,5	116	1.6.2
19	PIT-1231 621	A	Transmissor de Pressão Entrada Air Cooler	Kgf/cm2g		1,5			1.6.6
20	PIT-1231 625	B	Transmissor de Pressão Entrada Air Cooler	Kgf/cm2g		1,5			1.6.6
21	PIT-1231 629	C	Transmissor de Pressão Entrada Air Cooler	Kgf/cm2g		1,5			1.6.6
22	PIT-1231 635A	A	Transmissor de Pressão Entrada de Óleo na Carcaça	Kgf/cm2g	2	2,5			1.4.9
23	PIT-1231 635B	A	Transmissor de Pressão Entrada de Óleo na Carcaça	Kgf/cm2g	2	2,5			1.4.9
24	PIT-1231 636	A	Transmissor de Pressão Entrada de Óleo na Carcaça	Kgf/cm2g		2,5			1.4.9
25	PIT-1231 642A	B	Transmissor de Pressão Entrada de Óleo na Carcaça	Kgf/cm2g	2	2,5			1.4.9
26	PIT-1231 642B	B	Transmissor de Pressão Entrada de Óleo na Carcaça	Kgf/cm2g	2	2,5			1.4.9
27	PIT-1231 643	B	Transmissor de Pressão Entrada de Óleo na Carcaça	Kgf/cm2g		2,5			1.4.9
28	PIT-1231 649B	C	Transmissor de Pressão Entrada de Óleo na Carcaça	Kgf/cm2g	2	2,5			1.4.9
29	PIT-1231 652	A	Transmissor de Pressão Entrada de Gás	Kgf/cm2g		1,8			1.2.13
30	PIT-1231 654	B	Transmissor de Pressão Entrada de Gás	Kgf/cm2g		1,8			1.2.13
31	PIT-1231 656	C	Transmissor de Pressão Entrada de Gás	Kgf/cm2g		1,8			1.2.13
32	PIT-1231 671	A	Transmissor de Pressão Entrada Garrafa de Backup N2	Kgf/cm2g		50			1.2.13
33	PIT-1231 675	B	Transmissor de Pressão Entrada Garrafa de Backup N2	Kgf/cm2g		50			1.2.13
34	PIT-1231 681	A	Transmissor de Pressão Entrada de Ar de Partida do Motor	Kgf/cm2g		9			2.1.2
35	PIT-1231 686A	B	Transmissor de Pressão Entrada de Ar de Partida do Motor	Kgf/cm2g		8,5			2.1.2
36	PIT-1231 686B	B	Transmissor de Pressão Entrada de Ar de Partida do Motor	Kgf/cm2g		8,5			2.1.2
37	TIT-1231 602	A	Transmissor de Temperatura Entrada de Gás de Processo	C		0	60		1.6.3
38	TIT-1231 603	A	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro A	C			90		1.2.9
39	TIT-1231 604A	A	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro A	C			90	100	1.2.9
40	TIT-1231 604B	A	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro A	C			90	100	1.2.9
41	TIT-1231 606	A	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro C	C			90		1.2.9

ITEM	TAG	UNIDADE COMPRESSORA	SERVIÇO, LINHA OU EQUIPAMENTO	UNIDADE	SET POINT				TAXONOMIA (ISO 14224)
					LL	L	H	HH	
42	TIT-1231 607A	A	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro C	C			90	100	1.2.9
43	TIT-1231 607B	A	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro C	C			90	100	1.2.9
44	TIT-1231 608	A	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro B	C			90		1.2.9
45	TIT-1231 609A	A	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro B	C			90	100	1.2.9
46	TIT-1231 609B	A	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro B	C			90	100	1.2.9
47	TIT-1231 611	A	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro D	C			90		1.2.9
48	TIT-1231 612A	A	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro D	C			90	100	1.2.9
49	TIT-1231 612B	A	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro D	C			90	100	1.2.9
50	TIT-1231 614	B	Transmissor de Temperatura Entrada de Gás de Processo	C		0	60		1.6.3
51	TIT-1231 615	B	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro A	C			90		1.2.9
52	TIT-1231 616A	B	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro A	C			90	100	1.2.9
53	TIT-1231 616B	B	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro A	C			90	100	1.2.9
54	TIT-1231 618	B	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro C	C			90		1.2.9
55	TIT-1231 619A	B	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro C	C			90	100	1.2.9
56	TIT-1231 619B	B	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro C	C			90	100	1.2.9
57	TIT-1231 620	B	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro B	C			90		1.2.9
58	TIT-1231 621A	B	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro B	C			90	100	1.2.9
59	TIT-1231 621B	B	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro B	C			90	100	1.2.9
60	TIT-1231 623	B	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro D	C			90		1.2.9
61	TIT-1231 624A	B	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro D	C			90	100	1.2.9
62	TIT-1231 624B	B	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro D	C			90	100	1.2.9
63	TIT-1231 628A	C	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro A	C			90	100	1.2.9
64	TIT-1231 628B	C	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro A	C			90	100	1.2.9
65	TIT-1231 631A	C	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro C	C			90	100	1.2.9
66	TIT-1231 631B	C	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro C	C			90	100	1.2.9
67	TIT-1231 633A	C	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro B	C			90	100	1.2.9
68	TIT-1231 633B	C	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro B	C			90	100	1.2.9
69	TIT-1231 636A	C	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro D	C			90	100	1.2.9
70	TIT-1231 636B	C	Transmissor de Temperatura Garrafa de Descarga Cilindro D	C			90	100	1.2.9
71	TIT-1231 647	A	Transmissor de Temperatura Reservatório de Água	C			70		1.6.6
72	TIT-1231 652A	A	Transmissor de Temperatura Entrada de Óleo na Carcaça	C			60	75	1.4.9
73	TIT-1231 652B	A	Transmissor de Temperatura Entrada de Óleo na Carcaça	C			60	75	1.4.9
74	TIT-1231 655	B	Transmissor de Temperatura Reservatório de Água	C			70		1.6.6
75	TIT-1231 670A	B	Transmissor de Temperatura Entrada de Óleo na Carcaça	C			60	75	1.4.9
76	TIT-1231 670B	B	Transmissor de Temperatura Entrada de Óleo na Carcaça	C			60	75	1.4.9
77	TIT-1231 675B	C	Transmissor de Temperatura Reservatório de Água	C			70		1.6.6
78	TIT-1231 680B	C	Transmissor de Temperatura Entrada de Óleo na Carcaça	C			60	75	1.4.9
79	ZE-1231 601	A	Transmissor de Rod Drop Cilindro A	mm			0,3		1.2.11
80	ZE-1231 602	A	Transmissor de Rod Drop Cilindro C	mm			0,3		1.2.11
81	ZE-1231 603	A	Transmissor de Rod Drop Cilindro B	mm			0,3		1.2.11
82	ZE-1231 604	A	Transmissor de Rod Drop Cilindro D	mm			0,3		1.2.11

ITEM	TAG	UNIDADE COMPRESSORA	SERVIÇO, LINHA OU EQUIPAMENTO	UNIDADE	SET POINT				TAXONOMIA (ISO 14224)
					LL	L	H	HH	
83	ZE-1231 605	B	Transmissor de Rod Drop Cilindro A	mm			0,3		1.2.11
84	ZE-1231 606	B	Transmissor de Rod Drop Cilindro C	mm			0,3		1.2.11
85	ZE-1231 607	B	Transmissor de Rod Drop Cilindro B	mm			0,3		1.2.11
86	ZE-1231 608	B	Transmissor de Rod Drop Cilindro D	mm			0,3		1.2.11
87	ZE-1231 609	C	Transmissor de Rod Drop Cilindro A	mm			0,3		1.2.11
88	ZE-1231 610	C	Transmissor de Rod Drop Cilindro C	mm			0,3		1.2.11
89	ZE-1231 611	C	Transmissor de Rod Drop Cilindro B	mm			0,3		1.2.11
90	ZE-1231 612	C	Transmissor de Rod Drop Cilindro D	mm			0,3		1.2.11

Tabela A.3 - Relatórios de ferrografia

Nº Relatório	Máquina	Ponto de Coleta	Data da Coleta	Condição	Conclusões	Taxonomia ISO 14224
-	C-1231001B - COMPRESSOR GÁS VENDA B	-	01/12/2010	NORMAL	-	
-	C-1231001B - COMPRESSOR GÁS VENDA B	-	01/01/2011	ALERTA	-	1
-	C-1231001B - COMPRESSOR GÁS VENDA B	-	10/01/2011	ALERTA	Nível de alerta devido a contaminação por água. Manter monitoramento e acompanhar evolução.	1
-	C-1231001A - COMPRESSOR GÁS VENDA A	-	01/06/2011	ALERTA	-	1
-	C-1231001A - COMPRESSOR GÁS VENDA A	-	01/07/2011	ALERTA	-	1
-	C-1231001A - COMPRESSOR GÁS VENDA A	-	01/08/2011	ALERTA	-	1
1203 - 2624	M-C-1231001 C - MOTOR CP DE VENDA C	SAP 951277 - DRENO	23/03/2012	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1203 - 2619	M-C-1231001 A - MOTOR CP DE VENDA A	SAP 951275 - DRENO	23/03/2012	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição ainda adequada. Manter o programa de ensaios informando as principais ocorrências.	
1303 - 1030	M-C-1231001 C - MOTOR CP DE VENDA C	SAP 951277 - DRENO	18/02/2013	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1303 - 1035	C-1231001 C - COMPRESSOR DE VENDA C	SAP 951226 - DRENO	18/02/2013	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, ainda mantemos a condição "aceitável". Embora os teores de aditivos sejam diferentes do esperado para o LUBRAX-CL-150-OF dito como em uso, o desgaste não está sendo afetado. Verificar especificação e confirmar o nome exato e completo do óleo em uso.	

continuação

Nº Relatório	Máquina	Ponto de Coleta	Data da Coleta	Condição	Conclusões	Taxonomia ISO 14224
1303 - 1039	M-C-1231001 A - MOTOR CP DE VENDA A	SAP 951275 - DRENO	26/02/2013	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1303 - 1033	C-1231001 A - COMPRESSOR DE VENDA A	SAP 951222 - DRENO	26/02/2013	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, ainda mantemos a condição "aceitável". Embora os teores de aditivos sejam diferentes do esperado para o LUBRAX-CL-150-OF dito como em uso, o desgaste não está sendo afetado. Verificar especificação e confirmar o nome exato e completo do óleo em uso.	
1305 - 424	M-C-1231001 B - MOTOR CP DE VENDA B	SAP 951276 - TAMPA COMPL. ÓLEO	09/04/2013	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Contudo, chamou-nos a atenção, o aumento do teor de ferro. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios. Nota: Amostra recebida em 06/05/2013, mas liberada para análise em 08/05/2013, quando foi esclarecida a origem desta amostra (estação/plataforma).	
1305 - 419	C-1231001 B - COMPRESSOR DE VENDA B	SAP 951224 - DRENO	09/04/2013	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios. Nota: Amostra recebida em 06/05/2013, mas liberada para análise em 08/05/2013, quando foi esclarecida a origem desta amostra (estação/plataforma).	
1404 - 2015	C-1231001 A - COMPRESSOR DE VENDA A	SAP 951222 - DRENO	16/04/2013	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, adotamos a condição "Aceitável". Os resultados de ferrografia (concentração total de partículas L+S) estão dentro do esperado. Os teores de aditivos e o TAN (acidez) praticamente não se alteraram e continuam não condizendo com os lubrificantes LUBRAX-TURBINA-150 e LUBRAX-CL-150. Esse comportamento pode ser explicado se, no passado houve uso ou reposição com outro lubrificante. Recomendamos manter monitoramento regular de ensaios.	
1305 - 421	M-C-1231001 C - MOTOR CP DE VENDA C	SAP 951277 - DRENO	25/04/2013	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios. Nota: Amostra recebida em 06/05/2013, mas liberada para análise em 08/05/2013, quando foi esclarecida a origem desta amostra (estação/plataforma).	
1305 - 423	C-1231001 C - COMPRESSOR DE VENDA C	SAP 951226 - DRENO	25/04/2013	ACEITÁVEL	Há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios. Nota: Amostra recebida em 06/05/2013, mas liberada para análise em 08/05/2013, quando foi esclarecida a origem desta amostra (estação/plataforma).	
1306 - 1701	M-C-1231001 C - MOTOR CP DE VENDA C	SAP 951277 - DRENO	20/05/2013	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1306 - 1698	C-1231001 C - COMPRESSOR DE VENDA C	SAP 951226 - DRENO	20/05/2013	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, ainda mantemos a condição "aceitável". Embora os teores de aditivos e TAN sejam diferentes do esperado para o LUBRAX-CL-150-OF dito como em uso, o desgaste não está sendo afetado. Manter programa regular de coleta de amostras com informações sobre as principais ocorrências.	
1306 - 1700	M-C-1231001 B - MOTOR CP DE VENDA B	SAP 951276 - TAMPA COMPL. ÓLEO	28/05/2013	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	

continuação

Nº Relatório	Máquina	Ponto de Coleta	Data da Coleta	Condição	Conclusões	Taxonomia ISO 14224
1306 - 1702	C-1231001 B - COMPRESSOR DE VENDA B	SAP 951224 - DRENO	28/05/2013	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1307 - 2760	M-C-1231001 B - MOTOR CP DE VENDA B	SAP 951276 - TAMP A COMPL. ÓLEO	24/06/2013	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1307 - 2761	C-1231001 B - COMPRESSOR DE VENDA B	SAP 951224 - DRENO	24/06/2013	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios. Nota: para as próximas amostras, recomendamos substituir o ensaio de TAN (acidez) por TBN (basicidade).	
1307 - 2759	M-C-1231001 C - MOTOR CP DE VENDA C	SAP 951277 - DRENO	02/07/2013	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1307 - 2758	C-1231001 C - COMPRESSOR DE VENDA C	SAP 951226 - DRENO	02/07/2013	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, mantemos a condição "Aceitável". Os resultados relacionados ao desgaste são aceitáveis. Os teores de aditivos ainda sugerem que pode estar havendo reposição de lubrificante COMPOR-AC-150 no reservatório com LUBRAX-CL-150-OF. Recomendamos verificar a especificação de lubrificante para esse equipamento e, ao enviar nova amostra, informar se nossa suspeita está correta. Nota: recomendamos substituir no monitoramento para esse equipamento, o ensaio de TAN por TBN ou IR.	
1308 - 833	M-C-1231001 A - MOTOR CP DE VENDA A	SAP 951275 - DRENO	17/07/2013	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1308 - 835	C-1231001 A - COMPRESSOR DE VENDA A	SAP 951222 - DRENO	17/07/2013	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, ainda mantemos a condição "aceitável". Embora os teores de aditivos e o resultado de TAN sejam diferentes do esperado para o LUBRAX-CL-150-OF dito como em uso, os resultados relacionados a desgaste são adequados. Continuamos recomendando investigar e informar as possíveis causas que justifiquem o comportamento observado (reposição e/ou contaminação com outro produto ??).	
1308 - 824	M-C-1231001 B - MOTOR CP DE VENDA B	SAP 951276 - TAMP A COMPL. ÓLEO	30/07/2013	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1308 - 829	C-1231001 B - COMPRESSOR DE VENDA B	SAP 951224 - DRENO	30/07/2013	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios. Nota: para as próximas amostras, recomendamos substituir o ensaio de TAN (acidez) por TBN (basicidade).	
1308 - 828	C-1231001 C - COMPRESSOR DE VENDA C	SAP 951226 - DRENO	01/08/2013	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, ainda mantemos a condição "aceitável". Embora os teores de aditivos e o resultado de TAN sejam diferentes do esperado para o LUBRAX-CL-150-OF dito como em uso, o desgaste não está sendo afetado. Continuamos recomendando investigar e informar as possíveis causas que justifiquem o comportamento observado (reposição e/ou contaminação com outro produto ??).	

continuação

Nº Relatório	Máquina	Ponto de Coleta	Data da Coleta	Condição	Conclusões	Taxonomia ISO 14224
1309 - 1093	M-C-1231001 B - MOTOR CP DE VENDA B	SAP 951276 - TAMPA COMPL. ÓLEO	05/09/2013	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios. Amostra recebida em 11/09/13 e liberada para análise em 12/09/13 ao recebermos informações técnicas.	
1309 - 1100	C-1231001 B - COMPRESSOR DE VENDA B	SAP 951224 - DRENO	05/09/2013	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios. Amostra recebida em 11/09/13 e liberada para análise em 12/09/13 ao recebermos informações técnicas.	
1309 - 1105	B-1231003-B	LADO 1 - ÓLEO HIDRÁULICO	05/09/2013	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa de uma unidade hidráulica que utiliza o lubrificante MARBRAX-TR-32, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios. Amostra recebida em 11/09/13 e liberada para análise em 12/09/13 ao recebermos informações técnicas.	
1309 - 1097	B-1231003-B	LADO 1 - ÓLEO LUBRIFICANTE	05/09/2013	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa de uma caixa de engrenagens, entendemos os resultados como adequados. Por não termos referência para este lubrificante, os teores de aditivos não foram avaliados. Manter programa regular de coleta de amostras com informações sobre as principais ocorrências. Nota: Se possível, ao enviar a próxima amostra, enviar também, amostra de óleo novo (sem uso, coletado da embalagem original) para ensaios de referência. Amostra recebida em 11/09/13 e liberada para análise em 12/09/13 ao recebermos informações técnicas.	
1309 - 1103	B-1231003-B	LADO 2 - ÓLEO LUBRIFICANTE	05/09/2013	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa de uma caixa de engrenagens, entendemos os resultados como adequados. Por não termos referência para este lubrificante, os teores de aditivos não foram avaliados. Manter programa regular de coleta de amostras com informações sobre as principais ocorrências. Nota: Se possível, ao enviar a próxima amostra, enviar também, amostra de óleo novo (sem uso, coletado da embalagem original) para ensaios de referência. Amostra recebida em 11/09/13 e liberada para análise em 12/09/13 ao recebermos informações técnicas.	
1310 - 2652	M-C-1231001 B - MOTOR CP DE VENDA B	SAP 951276 - TAMPA COMPL. ÓLEO	09/10/2013	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1310 - 2653	C-1231001 B - COMPRESSOR DE VENDA B	SAP 951224 - DRENO	09/10/2013	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1310 - 2648	M-C-1231001 A - MOTOR CP DE VENDA A	SAP 951275 - DRENO	17/10/2013	ALERTA	Considerando-se a amostra como representativa, adotamos a condição "alerta". Embora os resultados, em termos absolutos, sejam adequados, o particulado na ferrografia quantitativa (L+S) apresentou grande aumento. Ação: Investigar as possíveis causas que justifiquem o aumento do particulado e enviar nova amostra para acompanharmos evolução.	2
1310 - 2650	C-1231001 A - COMPRESSOR DE VENDA A	SAP 951222 - DRENO	17/10/2013	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, ainda mantemos a condição "aceitável". Embora os teores de aditivos e o resultado de TAN sejam diferentes do esperado para o LUBRAX-CL-150-OF dito como em uso, os resultados relacionados a desgaste são adequados. Continuamos recomendando investigar e informar as possíveis causas que justifiquem o comportamento observado (reposição e/ou contaminação com outro produto ??).	
1311 - 1580	M-C-1231001 B - MOTOR CP DE VENDA B	SAP 951276 - TAMPA COMPL. ÓLEO	06/11/2013	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	

continuação

Nº Relatório	Máquina	Ponto de Coleta	Data da Coleta	Condição	Conclusões	Taxonomia ISO 14224
1311 - 1581	M-C-1231001 C - MOTOR CP DE VENDA C	SAP 951277 - DRENO	06/11/2013	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1311 - 1585	C-1231001 C - COMPRESSOR DE VENDA C	SAP 951226 - DRENO	06/11/2013	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, ainda mantemos a condição "aceitável". Embora os teores de aditivos e o resultado de TAN sejam diferentes do esperado para o LUBRAX-TURBINA-150 dito como em uso, o desgaste não está sendo afetado. Continuamos recomendando investigar e informar as possíveis causas que justifiquem o comportamento observado (reposição e/ou contaminação com outro produto ??).	
1311 - 1586	M-C-1231001 A - MOTOR CP DE VENDA A	SAP 951275 - DRENO	06/11/2013	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados estão melhores e sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1311 - 1578	C-1231001 A - COMPRESSOR DE VENDA A	SAP 951222 - DRENO	06/11/2013	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, ainda mantemos a condição "aceitável". Embora os teores de aditivos e o resultado de TAN sejam diferentes do esperado para o LUBRAX TURBINA-150 dito como em uso, o desgaste não está sendo afetado. Continuamos recomendando investigar e informar as possíveis causas que justifiquem o comportamento observado (reposição e/ou contaminação com outro produto ??).	
1311 - 1577	C-1231001 B - COMPRESSOR DE VENDA B	SAP 951224 - DRENO	06/11/2013	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1401 - 460	M-C-1231001 B - MOTOR CP DE VENDA B	SAP 951276 - TAMPA COMPL. ÓLEO	26/12/2013	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1401 - 461	C-1231001 B - COMPRESSOR DE VENDA B	SAP 951224 - DRENO	26/12/2013	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1402 - 1135	M-C-1231001 C - MOTOR CP DE VENDA C	SAP 951277 - DRENO	05/02/2014	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1402 - 1133	C-1231001 C - COMPRESSOR DE VENDA C	SAP 951226 - DRENO	05/02/2014	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, adotamos a condição "Aceitável". Os resultados de ferrografia (concentração total de partículas L+S) estão dentro do esperado. Os resultados de TAN (acidez) e teores de aditivos diferem do tradicionalmente encontrado para o lubrificante LUBRAX-TURBINA-150 (nome atual do LUBRAX-CL-150), contudo, supomos que esse comportamento seja decorrente de resíduos de cargas de óleo usada anteriormente. Recomendamos manter monitoramento regular de ensaios.	
1403 - 103	M-C-1231001 A - MOTOR CP DE VENDA A	SAP 951275 - DRENO	27/02/2014	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	

continuação

Nº Relatório	Máquina	Ponto de Coleta	Data da Coleta	Condição	Conclusões	Taxonomia ISO 14224
1403 - 102	C-1231001 A - COMPRESSOR DE VENDA A	SAP 951222 - DRENO	27/02/2014	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, adotamos a condição "Aceitável". Os resultados de ferrografia (concentração total de partículas L+S) estão dentro do esperado. Os teores de aditivos e o TAN (acidez) praticamente não se alteraram e continuam não coincidindo com os lubrificantes LUBRAX-TURBINA-150 e LUBRAX-CL-150. Esse comportamento pode ser explicado se, no passado houve uso ou reposição com outro lubrificante. Recomendamos manter monitoramento regular de ensaios.	
1404 - 2021	M-C-1231001 C - MOTOR CP DE VENDA C	SAP 951277 - DRENO	16/04/2014	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, admitimos os resultados aceitáveis. Alguns sinais (ex.: TAN e fuligem) que estão mais altos que os observados nos motores A e B. Uma vez que o óleo é apenas repostado, é razoável supor que esta unidade estaria consumindo menos óleo que as demais. Outro comportamento interessante é o decaimento gradual desde Jan/14 da concentração total de partículas L+S da fer. quantitativa. Dentre os vários possíveis fatores contribuintes, aventamos a possibilidade de acomodação intensificada por maior utilização para compensar as faltas do motor A.	
1404 - 2013	C-1231001 C - COMPRESSOR DE VENDA C	SAP 951226 - DRENO	16/04/2014	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, adotamos a condição "Aceitável". Os resultados de ferrografia (concentração total de partículas L+S) estão dentro do esperado. Os resultados de TAN (acidez) e teores de aditivos diferem do tradicionalmente encontrado para o lubrificante LUBRAX-TURBINA-150 (nome atual do LUBRAX-CL-150), contudo, supomos que esse comportamento seja decorrente de resíduos de cargas de óleo usada anteriormente. Recomendamos manter monitoramento regular de ensaios.	
1404 - 2016	M-C-1231001 A - MOTOR CP DE VENDA A	SAP 951275 - DRENO	16/04/2014	NORMAL	Os resultados não mostraram na massa circulante de óleo, que é representada por esta amostra, sinais que possam ser correlacionados com entupimentos obrigando-nos a apontar a condição como "normal". Vide relatórios 1404-2021 e 1404-2204 dos motores B e C. Todavia, a hipótese do Eng. Rodrigo sobre eventuais obstruções (sistema de óleo e/ou arrefecimento) não pode ser descartada. Se existirem, então os sinais que observamos não seriam do todo (eventuais partículas e borras não seriam carregados pelo fluxo de óleo e mascarariam a amostra) mas poderiam prejudicar as trocas térmicas. Além do monitoramento que já está sendo feito, sugerimos tentar comparações termográficas de várias regiões com os demais motores.	
1404 - 2204	M-C-1231001 B - MOTOR CP DE VENDA B	SAP 951276 - TAMPA COMPL. ÓLEO	22/04/2014	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Os resultados obtidos em relação aos aspectos químicos do óleo estão bem próximos daqueles observados no motor A (relatório 1404-2016). O aumento da concentração total de partículas L+S da fer. quantitativa tem possível causa no aumento da utilização para compensar as faltas do motor A. Difere da hipótese sobre o mesmo tema no motor C (relatório 1404-2021) provavelmente por termos recebido mais amostras daquele motor. O monitoramento de mais amostras auxiliará nesta questão.	
1404 - 2205	C-1231001 B - COMPRESSOR DE VENDA B	SAP 951224 - DRENO	22/04/2014	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1405 - 1297	M-C-1231001 B - MOTOR CP DE VENDA B	SAP 951276 - TAMPA COMPL. ÓLEO	06/05/2014	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa e limitados aos ensaios solicitados, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1405 - 1295	M-C-1231001 A - MOTOR CP DE VENDA A	FLUIDO DE ARREFECIMENTO	06/05/2014	ACEITÁVEL	Limitados exclusivamente aos ensaios escolhidos pelo cliente, não foram encontradas anormalidades.	
1405 - 1293	C-1231001 B - COMPRESSOR DE VENDA B	SAP 951224 - DRENO	06/05/2014	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1405 - 1866	M-C-1231001 C - MOTOR CP DE VENDA C	SAP 951277 - DRENO	15/05/2014	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	

continuação

Nº Relatório	Máquina	Ponto de Coleta	Data da Coleta	Condição	Conclusões	Taxonomia ISO 14224
1405 - 1868	C-1231001 C - COMPRESSOR DE VENDA C	SAP 951226 - DRENO	15/05/2014	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, mantemos a condição "Aceitável". Os resultados de ferrografia (concentração total de partículas L+S) estão dentro do esperado. Os resultados de TAN (acidez) e teores de aditivos diferem do tradicionalmente encontrado para o lubrificante LUBRAX-TURBINA-150 (nome atual do LUBRAX-CL-150), contudo, supomos que esse comportamento seja decorrente de resíduos de cargas de óleo usada anteriormente. Recomendamos manter monitoramento regular de ensaios.	
1407 - 1003	M-C-1231001 B - MOTOR CP DE VENDA B	SAP 951276 - TAMPA COMPL. ÓLEO	03/07/2014	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1407 - 1004	C-1231001 B - COMPRESSOR DE VENDA B	SAP 951224 - DRENO	03/07/2014	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Manter o programa de ensaios. e confirmar o nome do óleo em uso.	
1408 - 21	M-C-1231001 A - MOTOR CP DE VENDA A	SAP 951275 - DRENO	15/07/2014	NORMAL	Os resultados não mostraram na massa circulante de óleo, que é representada por esta amostra, os resultados dos ensaios solicitados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1408 - 16	C-1231001 A - COMPRESSOR DE VENDA A	SAP 951222 - DRENO	15/07/2014	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, mantemos a condição "aceitável". Os resultados de ferrografia (concentração total de partículas L+S) estão dentro do esperado. Os teores de aditivos e o TAN (acidez) praticamente não se alteraram e continuam não condizendo nem com o LUBRAXTURBINA- 150 (atualmente em uso) e nem com LUBRAX-CL-150 (usado anteriormente). Esse comportamento pode ser explicado se, no passado houve uso ou reposição com outro lubrificante. Recomendamos manter monitoramento regular de ensaios.	
1408 - 2370	M-C-1231001 C - MOTOR CP DE VENDA C	SAP 951277 - DRENO	20/08/2014	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios. Nota: realizamos o ensaio de TAN (Teor de acidez) conforme solicitado, contudo, recomendamos para as próximas amostras, substituí-lo pelo ensaio de Infravermelho.	
1408 - 2369	C-1231001 C - COMPRESSOR DE VENDA C	SAP 951226 - DRENO	20/08/2014	ALERTA	Considerando-se a amostra como representativa, alteramos a condição para "Alerta". Os resultados de ferrografia (concentração total de partículas L+S) estão dentro do esperado, contudo, o TAN (Teor de acidez) está mais baixo e assim como os teores de aditivos, não condizem com o lubrificante LUBRAX-TURBINA-150 (nome atual do LUBRAX-CL-150). Solicitamos confirmar o nome do óleo em uso para melhores diagnósticos. Se possível, enviar amostra de óleo novo, sem uso, colhida da embalagem original para ensaios de comparação.	2
1409 - 1295	M-C-1231001 B - MOTOR CP DE VENDA B	SAP 951276 - TAMPA COMPL. ÓLEO	03/09/2014	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1409 - 1301	M-C-1231001 C - MOTOR CP DE VENDA C	SAP 951277 - DRENO	03/09/2014	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1409 - 1303	C-1231001 C - COMPRESSOR DE VENDA C	SAP 951226 - DRENO	03/09/2014	ALERTA	Considerando-se a amostra como representativa, mantemos a condição "alerta". O resultado de ferrografia (concentração total de partículas L+S) é adequado. Contudo, o TAN (Teor de acidez), assim como os teores de aditivos, não condizem com o lubrificante LUBRAX-TURBINA-150 (nome atual do LUBRAX-CL-150). Continuamos solicitando, para elaboração de melhores diagnósticos, confirmar o nome do óleo em uso e, ao enviar a próxima amostra, fornecer também amostra de óleo novo, sem uso, colhida da embalagem original para ensaios de comparação.	2

continuação

Nº Relatório	Máquina	Ponto de Coleta	Data da Coleta	Condição	Conclusões	Taxonomia ISO 14224
1409 - 1299	C-1231001 B - COMPRESSOR DE VENDA B	SAP 951224 - DRENO	03/09/2014	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1409 - 1298	B-1231003-B	LADO 1 - ÓLEO HIDRÁULICO	08/09/2014	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa de uma unidade hidráulica que utiliza o lubrificante MARBRAX-TR-32, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1409 - 1300	B-1231003-B	LADO 1 - ÓLEO LUBRIFICANTE	08/09/2014	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa de uma caixa de engrenagens, entendemos os resultados como adequados. Manter programa regular de coleta de amostras com informações sobre as principais ocorrências. Nota: Se possível, ao enviar a próxima amostra, enviar também, amostra de óleo novo (sem uso, coletado da embalagem original) para ensaios de referência.	
1409 - 1294	B-1231003-B	LADO 2 - ÓLEO LUBRIFICANTE	08/09/2014	ALERTA	Considerando-se a amostra como representativa de uma caixa de engrenagens, entendemos os resultados como adequados. Manter programa regular de coleta de amostras com informações sobre as principais ocorrências. Nota: Se possível, ao enviar a próxima amostra, enviar também, amostra de óleo novo (sem uso, coletado da embalagem original) para ensaios de referência.	1
1409 - 1302	B-1231003-B	LADO-2 ÓLEO HIDR. TAMP. COMP. ÓLEO	08/09/2014	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa de uma unidade hidráulica que utiliza o lubrificante MARBRAX-TR-32, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1410 - 432	M-C-1231001 A - MOTOR CP DE VENDA A	SAP 951275 - DRENO	17/09/2014	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados dos ensaios solicitados, sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1410 - 433	C-1231001 A - COMPRESSOR DE VENDA A	SAP 951222 - DRENO	17/09/2014	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, ainda mantemos a condição "aceitável". Os resultados de ferrografia (concentração total de partículas L+S) estão dentro do esperado. Os teores de aditivos e o TAN (acidez) praticamente não se alteraram e continuam não condizendo nem com o LUBRAXTURBINA- 150 (atualmente em uso) e nem com LUBRAX-CL-150 (usado anteriormente). Esse comportamento pode ser explicado se, no passado houve uso ou reposição com outro lubrificante. Recomendamos manter monitoramento regular de ensaios.	
1411 - 57	M-C-1231001 C - MOTOR CP DE VENDA C	SAP 951277 - DRENO	09/10/2014	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1411 - 59	C-1231001 C - COMPRESSOR DE VENDA C	SAP 951226 - DRENO	09/10/2014	ALERTA	Considerando-se a amostra como representativa, adotamos a condição "alerta". Os teores de aditivos, apesar de estáveis, diferem do esperado para o LUBRAX-TURBINA-150 dito como em uso, além disso, o resultado de TAN (acidez) apresentou aumento e requer atenção. Recomendamos investigar as possíveis causas para o aumento do TAN e para o comportamento dos aditivos (reposição e/ou contaminação com outro lubrificante ??). Ao enviar a próxima amostra, fornecer informações.	1
1411 - 52	C-1231001 A - COMPRESSOR DE VENDA A	SAP 951222 - DRENO	10/10/2014	ALERTA	Considerando-se a amostra como representativa, adotamos a condição "alerta". Os teores de aditivos, apesar de estáveis, diferem do esperado para o LUBRAX-TURBINA-150 dito como em uso, além disso, o resultado de TAN (acidez) apresentou aumento e requer atenção. Recomendamos investigar as possíveis causas para o aumento do TAN e para o comportamento dos aditivos (reposição e/ou contaminação com outro lubrificante ??). Ao enviar a próxima amostra, fornecer informações.	1

continuação

Nº Relatório	Máquina	Ponto de Coleta	Data da Coleta	Condição	Conclusões	Taxonomia ISO 14224
1411 - 50	M-C-1231001 A - MOTOR CP DE VENDA A	SAP 951275 - DRENO	16/10/2014	NORMAL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios.	
1412 - 1207	M-C-1231001 C - MOTOR CP DE VENDA C	SAP 951277 - DRENO	26/11/2014	ACEITÁVEL	Considerando-se a amostra como representativa, os resultados sugerem condição adequada. Não há ação de manutenção especial a tomar além de manter o programa de ensaios. Nota: realizamos o ensaio de TAN (Teor de acidez) conforme solicitado, contudo, recomendamos para as próximas amostras, substituí-lo pelo ensaio de Infravermelho.	
1412 - 1204	C-1231001 C - COMPRESSOR DE VENDA C	SAP 951226 - DRENO	26/11/2014	ALERTA	Considerando-se a amostra como representativa, admitimos os resultados como irregulares. Os resultados de ferrografia (concentração total de partículas L+S) estão dentro do esperado, contudo, o TAN (Teor de acidez) e os teores de aditivos, não condizem com o lubrificante informado, LUBRAX-TURBINA- 150. Solicitamos confirmar o nome do óleo em uso para melhores diagnósticos. Se possível, enviar amostra de óleo novo, sem uso, colhida da embalagem original para ensaios de comparação.	1
-	C-1231001 C - COMPRESSOR DE VENDA C	-	02/02/2015	ALERTA	Considerando-se a amostra como representativa, admitimos os resultados como irregulares. Os resultados de ferrografia (concentração total de partículas L+S) estão dentro do esperado, contudo, o TAN (Teor de acidez) e os teores de aditivos, não condizem com o lubrificante informado, LUBRAX-TURBINA-150. Solicitamos confirmar o nome do óleo em uso para melhores diagnósticos. Se possível, enviar amostra de óleo novo, sem uso, colhida da embalagem original para ensaios de comparação.	1

Tabela A.4 - Relatórios de análise de vibrações

Máquina	Unidade Compressora	Data do Registro	Local da Medição	Condição	Taxonomia ISO 14224
C-1231001 A	A	12/04/2011	Medição realizada na placa de fixação dos sensores de vibração do Compressor	ELEVADO	1
M-C-1231001A	A	13/05/2011	Cilindros de compressão	ALERTA	2
M-C-1231001B	B	13/05/2011	Cilindros de compressão	ALERTA	2
C-1231001 A	A	06/03/2012	-	ALERTA	1
M-P-C-1231001A-02A/B	A	03/04/2012	-	CRITICO	1
M-B C-1231001A-02A	A	03/04/2012	-	ALERTA	1
M-P-C-1231001A-03	A	03/04/2012	-	CRITICO	1
B-C-1231001A-01A	A	03/04/2012	BOMBA 3 H-A	ALERTA	1
B-C-1231001A-01A	A	03/04/2012	BOMBA 3 H-E F3	ALERTA	1
B-C-1231001A-01A	A	03/04/2012	BOMBA 4 H-A	ALERTA	1
B-C-1231001A-01A	A	03/04/2012	BOMBA 4 H-E F3	ALERTA	1
M-B-C-1231001B-02B	B	03/05/2012	-	CRITICO	1
M-P-C-1231001B-02A/B	B	03/05/2012	-	CRITICO	1
M-P-C-1231001C-02A/B	C	03/05/2012	-	CRITICO	1
M-B C-1231001C-02A	C	03/05/2012	-	ALERTA	1
B-C-1231001B-01A	B	22/10/2012	BOMBA 3 H-A	ALERTA	1
B-C-1231001B-01A	B	22/10/2012	BOMBA 3 H-E F3	ALERTA	1
B-C-1231001C-01A	C	09/11/2012	BOMBA 3 H-A	PERIGO	1
B-C-1231001C-01A	C	09/11/2012	BOMBA 3 H-E F3	ALERTA	1
B-C-1231001C-01A	C	09/11/2012	BOMBA 4 H-A	ALERTA	1
B-C-1231001C-01A	C	09/11/2012	BOMBA 4 H-E F3	ALERTA	1
M-C-C-1231001A	A	27/02/2013	MOTOR 1 HV	PERIGO	2
M-C-C-1231001A	A	27/02/2013	MOTOR 2 VV	PERIGO	2
M-C-C-1231001A	A	27/02/2013	MOTOR 2 HV	ALERTA	2
C-C-1231001A	A	27/02/2013	COMPRES 3VV	PERIGO	2
C-C-1231001A	A	27/02/2013	COMPRES 3HA	ALERTA	2
C-C-1231001A	A	27/02/2013	COMPRES 3HE F3	ALERTA	2
M-C-C-1231001B	B	07/05/2013	MOTOR 1 HV	PERIGO	2
M-C-C-1231001B	B	07/05/2013	MOTOR 2 VV	PERIGO	2
M-C-C-1231001B	B	07/05/2013	MOTOR 2 HV	PERIGO	2
M-C-C-1231001B	B	07/05/2013	MOTOR 2 AV	PERIGO	2
M-C-C-1231001C	C	09/05/2013	MOTOR 1 HV	PERIGO	2
M-C-C-1231001C	C	09/05/2013	MOTOR 2 H A	ALERTA	2
M-C-C-1231001C	C	09/05/2013	MOTOR 2 AV	PERIGO	2
M-P-C-1231001C-02B	C	10/06/2013	MOTOR 2 HV	ALERTA	1
M-VT-C-1231008B-B	B	24/09/2013	MOTOR 1 HV	ALERTA	1
M-B-1231001A-01A	A	04/11/2013	MOTOR 2 HV	ALERTA	1
M-B-1231001A-01A	A	04/11/2013	MOTOR 2 AV	ALERTA	1
C-1231001 B	B	14/11/2013	COMPRES 4 VV LOA	ALERTA	1
MC-1231001 B	B	14/11/2013	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	14/11/2013	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	14/11/2013	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	14/11/2013	CILINDRO 6 HA	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	19/11/2013	BLOCO MC 2VV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	19/11/2013	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	19/11/2013	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	19/11/2013	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 C	C	19/11/2013	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	20/12/2013	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	20/12/2013	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	20/12/2013	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 C	C	20/12/2013	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
C-1231001 B	B	26/12/2013	CIL. 1/2 E 3VV	ALERTA	1
C-1231001 B	B	26/12/2013	CIL. 3/4 E 4VV	ALERTA	1
C-1231001 B	B	26/12/2013	COMPRES 4 VV LOA	ALERTA	1
MC-1231001 B	B	26/12/2013	BLOCO MC 2VV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	26/12/2013	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	26/12/2013	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	26/12/2013	CILINDRO 6 AV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	26/12/2013	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 C	C	08/01/2014	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	08/01/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	08/01/2014	CILINDRO 6 AA	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	08/01/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	08/01/2014	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 C	C	08/01/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	13/02/2014	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	13/02/2014	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 C	C	13/02/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	13/02/2014	CILINDRO 6 VA	CRITICO	2
MC-1231001 C	C	13/02/2014	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 C	C	13/02/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2

continuação

Máquina	Unidade Compressora	Data do Registro	Local da Medição	Condição	Taxonomia ISO 14224
MC-1231001 C	C	18/02/2014	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	18/02/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	18/02/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
C-1231001 A	A	27/02/2014	CIL. 3/4 E 4VV	ALERTA	1
MC-1231001 A	A	27/02/2014	BLOCO MC 2VV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	27/02/2014	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	27/02/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	27/02/2014	CILINDRO 6 AV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	27/02/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	27/02/2014	CILINDRO 6 AV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	27/02/2014	CILINDRO 6 AA	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	27/02/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	27/02/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	14/03/2014	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	14/03/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	14/03/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	14/03/2014	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 C	C	14/03/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	19/03/2014	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	19/03/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	19/03/2014	CILINDRO 6 HA	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	19/03/2014	CILINDRO 6 AV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	19/03/2014	CILINDRO 6 AA	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	19/03/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	19/03/2014	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	19/03/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	14/04/2014	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	14/04/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	14/04/2014	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 C	C	14/04/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
C-1231001 A	A	07/05/2014	COMPRES 4 AV LOA	ALERTA	1
MC-1231001 A	A	07/05/2014	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	07/05/2014	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	07/05/2014	CILINDRO 6 AV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	07/05/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	07/05/2014	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	07/05/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
C-1231001 B	B	14/05/2014	CIL. 1/2 E 3VV	ALERTA	1
MC-1231001 B	B	14/05/2014	BLOCO MC 2VV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	14/05/2014	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	14/05/2014	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	14/05/2014	CILINDRO 6 VA	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	14/05/2014	CILINDRO 6 AA	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	14/05/2014	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	14/05/2014	CILINDRO 6 VA	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	14/05/2014	CILINDRO 6 HA	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	04/06/2014	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	04/06/2014	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	04/06/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	04/06/2014	CILINDRO 6 VA	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	04/06/2014	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
C-1231001 B	B	05/06/2014	COMPRES 4 VV LOA	ALERTA	1
C-1231001 B	B	05/06/2014	COMPRES 4 AV LOA	ALERTA	1
MC-1231001 B	B	05/06/2014	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	05/06/2014	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 C	C	20/06/2014	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	20/06/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	20/06/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	09/07/2014	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	09/07/2014	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	09/07/2014	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	15/07/2014	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	15/07/2014	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	15/07/2014	CILINDRO 6 AA	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	15/07/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	15/07/2014	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	15/07/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	26/08/2014	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	26/08/2014	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	26/08/2014	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	18/09/2014	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	18/09/2014	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2

continuação

Máquina	Unidade Compressora	Data do Registro	Local da Medição	Condição	Taxonomia ISO 14224
MC-1231001 A	A	18/09/2014	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	18/09/2014	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	18/09/2014	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 C	C	09/10/2014	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	09/10/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	09/10/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	09/10/2014	CILINDRO 6 VA	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	09/10/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	09/10/2014	CILINDRO 6 AA	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	09/10/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	27/10/2014	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	27/10/2014	CILINDRO 6 VA	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	27/10/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	27/10/2014	CILINDRO 6 AV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	27/10/2014	CILINDRO 6 AA	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	27/10/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	27/10/2014	CILINDRO 6 AA	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	27/10/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	27/10/2014	CILINDRO 6 AA	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	25/11/2014	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	25/11/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	05/12/2014	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	05/12/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	05/12/2014	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 C	C	23/12/2014	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	23/12/2014	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	02/01/2015	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	02/01/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	02/01/2015	CILINDRO 6 VA	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	02/01/2015	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	02/01/2015	CILINDRO 6 AA	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	29/01/2015	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	29/01/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	29/01/2015	CILINDRO 6 AA	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	29/01/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	29/01/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	29/01/2015	CILINDRO 6 AA	ALERTA	2
C-1231001 C	C	02/02/2015	CIL. 1/2 E 3VV	Alerta	1
MC-1231001 C	C	02/02/2015	BLOCO MC 2VV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	02/02/2015	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	02/02/2015	CILINDRO 6 VV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	02/02/2015	CILINDRO 6 VV	CRITICO	2
MC-1231001 C	C	02/02/2015	CILINDRO 6 VV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	02/02/2015	CILINDRO 6 VV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	12/02/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	26/02/2015	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	26/02/2015	CILINDRO 6 VA	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	26/02/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	26/02/2015	CILINDRO 6 VV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	02/03/2015	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	02/03/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	02/03/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	02/03/2015	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	02/03/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	10/03/2015	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	10/03/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	10/03/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	10/03/2015	CILINDRO 6 VA	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	30/03/2015	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	30/03/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	07/04/2015	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	07/04/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	07/04/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	07/04/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	28/04/2015	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	28/04/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	28/04/2015	CILINDRO 6 AA	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	28/04/2015	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	28/04/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	04/05/2015	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	04/05/2015	CILINDRO 6 VA	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	04/05/2015	CILINDRO 6 VV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	11/05/2015	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2

continuação

Máquina	Unidade Compressora	Data do Registro	Local da Medição	Condição	Taxonomia ISO 14224
MC-1231001 B	B	11/05/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	11/05/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	11/05/2015	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	11/05/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	11/05/2015	CILINDRO 6 HA	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	21/05/2015	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	21/05/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	21/05/2015	CILINDRO 6 AV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	28/05/2015	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	28/05/2015	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	28/05/2015	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 C	C	22/06/2015	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	22/06/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	22/06/2015	CILINDRO 6 AA	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	09/07/2015	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	09/07/2015	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	09/07/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	09/07/2015	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	09/07/2015	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	28/07/2015	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	28/07/2015	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	28/07/2015	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	28/07/2015	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 C	C	29/07/2015	BLOCO MC 2VV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	29/07/2015	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	10/09/2015	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	10/09/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	10/09/2015	CILINDRO 6 VA	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	10/09/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	10/09/2015	CILINDRO 6 VA	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	10/09/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
C-1231001 B	B	13/10/2015	CIL. 1/2 E 3VV	ALERTA	1
MC-1231001 B	B	13/10/2015	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	13/10/2015	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	13/10/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	13/10/2015	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	13/10/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	20/10/2015	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	20/10/2015	CILINDRO 6 VA	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	20/10/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	20/11/2015	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	20/11/2015	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	20/11/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	20/11/2015	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	20/11/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
C-1231001 B	B	25/11/2015	CIL. 1/2 E 3VV	ALERTA	1
C-1231001 B	B	25/11/2015	CIL. 3/4 E 4VV	ALERTA	1
MC-1231001 B	B	25/11/2015	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	25/11/2015	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	25/11/2015	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	25/11/2015	CILINDRO 6 HA	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	25/11/2015	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	25/11/2015	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
C-1231001 C	C	30/11/2015	CIL. 3/4 E 4VV	Alerta	1
MC-1231001 C	C	30/11/2015	BLOCO MC 2VV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	30/11/2015	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	30/11/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	30/11/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	30/11/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	14/12/2015	CILINDRO 6 VA	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	14/12/2015	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
C-1231001 B	B	21/12/2015	CIL. 1/2 E 3VV	ALERTA	1
MC-1231001 B	B	21/12/2015	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	21/12/2015	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	21/12/2015	CILINDRO 6 VA	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	21/12/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	21/12/2015	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	21/12/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	22/12/2015	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	22/12/2015	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	22/12/2015	CILINDRO 6 VA	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	22/12/2015	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2

continuação

Máquina	Unidade Compressora	Data do Registro	Local da Medição	Condição	Taxonomia ISO 14224
MC-1231001 A	A	22/12/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	22/12/2015	CILINDRO 6 AA	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	22/12/2015	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	22/12/2015	CILINDRO 6 AA	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	29/01/2016	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	29/01/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	29/01/2016	CILINDRO 6 AA	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	29/01/2016	CILINDRO 6 VA	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	29/01/2016	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	29/01/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	29/01/2016	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	22/02/2016	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	22/02/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	22/02/2016	CILINDRO 6 AV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	22/02/2016	CILINDRO 6 VA	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	22/02/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	22/02/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	22/02/2016	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	03/03/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	03/03/2016	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	03/03/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	03/03/2016	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
C-1231001 B	B	21/03/2016	CIL. 1/2 E 3VV	ALERTA	1
C-1231001 B	B	21/03/2016	CIL. 3/4 E 4VV	ALERTA	1
MC-1231001 B	B	21/03/2016	BLOCO MC 2VV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	21/03/2016	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	21/03/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	21/03/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	04/04/2016	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	04/04/2016	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	04/04/2016	CILINDRO 6 AA	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	04/04/2016	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	04/04/2016	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	15/04/2016	BLOCO MC 2VV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	15/04/2016	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	15/04/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 C	C	15/04/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	02/05/2016	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	02/05/2016	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	02/05/2016	CILINDRO 6 VA	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	02/05/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	02/05/2016	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	29/05/2016	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	29/05/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 C	C	29/05/2016	CILINDRO 6 AV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	29/05/2016	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	29/05/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 C	C	29/05/2016	CILINDRO 6 AV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	29/05/2016	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	13/06/2016	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	13/06/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	13/06/2016	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	13/06/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	13/06/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	03/07/2016	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	03/07/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	03/07/2016	CILINDRO 6 AV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	03/07/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	03/07/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	03/07/2016	CILINDRO 6 AV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	03/07/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	03/07/2016	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	03/07/2016	CILINDRO 6 AV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	03/07/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	30/08/2016	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	30/08/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	30/08/2016	CILINDRO 6 HA	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	30/08/2016	CILINDRO 6 AA	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	30/08/2016	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	30/08/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 A	A	30/08/2016	CILINDRO 6 AA	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	30/08/2016	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	22/09/2016	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 B	B	22/09/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	22/09/2016	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2

continuação

Máquina	Unidade Compressora	Data do Registro	Local da Medição	Condição	Taxonomia ISO 14224
MC-1231001 B	B	22/09/2016	CILINDRO 6 HV	CRITICO	2
MC-1231001 B	B	22/09/2016	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	31/10/2016	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	31/10/2016	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 A	A	31/10/2016	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	25/11/2016	BLOCO MC 2HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	25/11/2016	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	25/11/2016	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2
MC-1231001 C	C	25/11/2016	CILINDRO 6 HV	ALERTA	2

Tabela A.5 - Quantidade de eventos por taxonomia de item e falha nos 3 compressores

Árvore (equipamento - sistema - subsistema)	Taxonomia	Falha (equipamento - sistema - subsistema - falha)	Taxonomia da Falha	Qnt. de Eventos	Nível i,j,k	Nível i,j	Nível i	Classificação (OREDA)
Compressor - Transmissão de força - Acoplamento do lado acionador	1.1.3	Compressor - Transmissão de força - Acoplamento do lado acionador - Deficiência Estrutural	1.1.3.3	1	1	1		STD
Compressor - Unidade compressora - Mancal radial	1.2.5	Compressor - Unidade compressora - Mancal radial - Avaria	1.2.5.1	1	1			BRD
Compressor - Unidade compressora - Válvulas	1.2.9	Compressor - Unidade compressora - Válvulas - Avaria	1.2.9.2	6				BRD
Compressor - Unidade compressora - Válvulas	1.2.9	Compressor - Unidade compressora - Válvulas - Vazamento Externo (Processo)	1.2.9.3	1	21			ELP
Compressor - Unidade compressora - Válvulas	1.2.9	Compressor - Unidade compressora - Válvulas - Ruído	1.2.9.5	3			32	NOI
Compressor - Unidade compressora - Válvulas	1.2.9	Compressor - Unidade compressora - Válvulas - Desvio de Parâmetros	1.2.9.6	11				PDE
Compressor - Unidade compressora - Pistão	1.2.11	Compressor - Unidade compressora - Pistão - Avaria	1.2.11.1	1	1			BRD
Compressor - Unidade compressora - Camisa do cilindro	1.2.12	Compressor - Unidade compressora - Camisa do cilindro - Vazamento Interno	1.2.12.2	2	2			INL
Compressor - Unidade compressora - Engaxetamento	1.2.13	Compressor - Unidade compressora - Engaxetamento - Vazamento Externo (Utilitários)	1.2.13.1	7	7			ELU
Compressor - Controle e monitoração - Monitoração	1.3.5	Compressor - Controle e monitoração - Monitoração - Leitura Anormal de Instrumentos	1.3.5.1	4	4			AIR
Compressor - Controle e monitoração - Sensores	1.3.6	Compressor - Controle e monitoração - Sensores - Desvio dos Parâmetros	1.3.6.2	130				PDE
Compressor - Controle e monitoração - Sensores	1.3.6	Compressor - Controle e monitoração - Sensores - Deficiência Estrutural	1.3.6.3	19	149			STD
Compressor - Controle e monitoração - Válvulas	1.3.7	Compressor - Controle e monitoração - Válvulas - Vazamento Externo (Processo)	1.3.7.3	2				ELP
Compressor - Controle e monitoração - Válvulas	1.3.7	Compressor - Controle e monitoração - Válvulas - Desvio de Parâmetros	1.3.7.5	30	38		237	PDE
Compressor - Controle e monitoração - Válvulas	1.3.7	Compressor - Controle e monitoração - Válvulas - Deficiência Estrutural	1.3.7.6	6				STD
Compressor - Controle e monitoração - Fiação	1.3.8	Compressor - Controle e monitoração - Fiação - Deficiência Estrutural	1.3.8.1	17	17			STD
Compressor - Controle e monitoração - Tubulações	1.3.9	Compressor - Controle e monitoração - Tubulações - Vazamento Externo (Processo)	1.3.9.1	25				ELP
Compressor - Controle e monitoração - Tubulações	1.3.9	Compressor - Controle e monitoração - Tubulações - Deficiência Estrutural	1.3.9.2	4	29			STD
Compressor - Sistema de lubrificação - Bomba	1.4.2	Compressor - Sistema de lubrificação - Bomba - Vazamento Externo (Utilitários)	1.4.2.2	1	1			ELU
Compressor - Sistema de lubrificação - Motor	1.4.3	Compressor - Sistema de lubrificação - Motor - Deficiência Estrutural	1.4.3.5	11				STD
Compressor - Sistema de lubrificação - Motor	1.4.3	Compressor - Sistema de lubrificação - Motor - Vibração	1.4.3.6	1	12			VIB
Compressor - Sistema de lubrificação - Resfriadores	1.4.5	Compressor - Sistema de lubrificação - Resfriadores - Vazamento Externo (Utilitários)	1.4.5.1	3				ELU
Compressor - Sistema de lubrificação - Resfriadores	1.4.5	Compressor - Sistema de lubrificação - Resfriadores - Vazamento interno	1.4.5.2	1	10			INL
Compressor - Sistema de lubrificação - Resfriadores	1.4.5	Compressor - Sistema de lubrificação - Resfriadores - Deficiência Estrutural	1.4.5.5	6			61	STD
Compressor - Sistema de lubrificação - Filtros	1.4.6	Compressor - Sistema de lubrificação - Filtros - Desvio dos Parâmetros	1.4.6.1	12	12			PDE
Compressor - Sistema de lubrificação - Tubulações	1.4.7	Compressor - Sistema de lubrificação - Tubulações - Vazamento Externo (Utilitários)	1.4.7.1	9	9			ELU
Compressor - Sistema de lubrificação - Válvulas	1.4.8	Compressor - Sistema de lubrificação - Válvulas - Vazamento Externo (Utilitários)	1.4.8.3	4	4			ELU
Compressor - Sistema de lubrificação - Óleo lubrificante	1.4.9	Compressor - Sistema de lubrificação - Óleo lubrificante - Desvio dos Parâmetros	1.4.9.1	13	13			PDE
Compressor - Sistema de selagem do eixo - Filtros	1.5.6	Compressor - Sistema de selagem do eixo - Filtros - Desvio dos Parâmetros	1.5.6.1	7	7	8		PDE

continuação

Árvore (equipamento - sistema - subsistema)	Taxonomia	Falha (equipamento - sistema - subsistema - falha)	Taxonomia da Falha	Qty. de Eventos	Nível i,j,k	Nível i,j	Nível i	Classificação (OREDA)
Compressor - Sistema de selagem do eixo - Selo mecânico	1.5.10	Compressor - Sistema de selagem do eixo - Selo mecânico - Vazamento Externo (Utilitários)	1.5.10.2	1	1			ELU
Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles	1.6.2	Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles - Vazamento Externo (Utilitários)	1.6.2.1	10	30	115		ELU
Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles	1.6.2	Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles - Deficiência Estrutural	1.6.2.2	20				STD
Compressor - Miscelânea - Válvulas de controle	1.6.3	Compressor - Miscelânea - Válvulas de controle - Desvio de Parâmetros	1.6.3.6	11	14			PDE
Compressor - Miscelânea - Válvulas de controle	1.6.3	Compressor - Miscelânea - Válvulas de controle - Deficiência Estrutural	1.6.3.7	3				STD
Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento	1.6.4	Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento - Avaria	1.6.4.2	1	20			BRD
Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento	1.6.4	Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento - Vazamento Externo (Utilitários)	1.6.4.3	2				ELU
Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento	1.6.4	Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento - Desvio de Parâmetros	1.6.4.5	10				PDE
Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento	1.6.4	Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento - Deficiência Estrutural	1.6.4.6	7				STD
Compressor - Miscelânea - Resfriadores	1.6.6	Compressor - Miscelânea - Resfriadores - Superaquecimento	1.6.6.2	1				45
Compressor - Miscelânea - Resfriadores	1.6.6	Compressor - Miscelânea - Resfriadores - Desvio dos Parâmetros	1.6.6.3	21	PDE			
Compressor - Miscelânea - Resfriadores	1.6.6	Compressor - Miscelânea - Resfriadores - Deficiência Estrutural	1.6.6.4	23	STD			
Compressor - Miscelânea - Silenciadores	1.6.7	Compressor - Miscelânea - Silenciadores - Avaria	1.6.7.1	1	1	BRD		
Compressor - Miscelânea - Ar de purga	1.6.8	Compressor - Miscelânea - Ar de purga - Vazamento Externo (Utilitários)	1.6.8.1	5	5	ELU		

Tabela A.6 - Quantidade de eventos por taxonomia de item e falha nos 3 motores a gás

Árvore (equipamento - sistema - subsistema)	Taxonomia	Falha (equipamento - sistema - subsistema - falha)	Taxonomia da Falha	Qnt. de Eventos	Nível i,j,k	Nível i,j	Nível i	Classificação (OREDA)
Motor de Combustão - Sistema de partida - Energia de partida (bateria, ar)	2.1.1	Motor de Combustão - Sistema de partida - Energia de partida (bateria, ar) - Vazamento Externo (Utilitários)	2.1.1.1	2	2	13	126	ELU
Motor de Combustão - Sistema de partida - Unidade de partida	2.1.2	Motor de Combustão - Sistema de partida - Unidade de partida - Deficiência Estrutural	2.1.2.1	9	9			STD
Motor de Combustão - Sistema de partida - Controle de partida	2.1.3	Motor de Combustão - Sistema de partida - Controle de partida - Desvio dos Parâmetros	2.1.3.2	2	2			PDE
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Entrada de ar	2.2.1	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Entrada de ar - Desvio dos Parâmetros	2.2.1.1	4	6	PDE		
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Entrada de ar	2.2.1	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Entrada de ar - Vazamento Externo (Utilitários)	2.2.1.2	2		ELU		
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Sistema de ignição	2.2.2	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Sistema de ignição - Falha na Partida	2.2.2.1	32	32	FTS		
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Injetores	2.2.5	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Injetores - Deficiência Estrutural	2.2.5.2	1	1	STD		
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Exaustor	2.2.7	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Exaustor - Superaquecimento	2.2.7.2	3	3	OHE		
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Selos	2.2.13	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Selos - Deficiência Estrutural	2.2.13.4	2	2	STD		
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Tubulações	2.2.14	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Tubulações - Deficiência Estrutural	2.2.14.2	2	2	STD		
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Válvulas	2.2.15	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Válvulas - Vazamento Externo (Utilitários)	2.2.15.3	5	25	ELU		
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Válvulas	2.2.15	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Válvulas - Desvio de Parâmetros	2.2.15.5	18		PDE		
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Válvulas	2.2.15	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Válvulas - Deficiência Estrutural	2.2.15.6	2		STD		
Motor de Combustão - Controle e monitoração - Sensores	2.3.5	Motor de Combustão - Controle e monitoração - Sensores - Desvio dos Parâmetros	2.3.5.2	5	6	PDE		
Motor de Combustão - Controle e monitoração - Sensores	2.3.5	Motor de Combustão - Controle e monitoração - Sensores - Deficiência Estrutural	2.3.5.3	1		9	STD	
Motor de Combustão - Controle e monitoração - Fiação	2.3.7	Motor de Combustão - Controle e monitoração - Fiação - Deficiência Estrutural	2.3.7.1	3	3	STD		
Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Reservatório	2.4.1	Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Reservatório - Vazamento Externo (Utilitários)	2.4.1.1	1	1	29	ELU	
Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Bomba	2.4.2	Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Bomba - Vazamento Externo (Utilitários)	2.4.2.2	4	4		ELU	
Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Filtro	2.4.4	Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Filtro - Desvio dos Parâmetros	2.4.4.1	1	1		PDE	
Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Válvulas	2.4.6	Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Válvulas - Vazamento Externo (Utilitários)	2.4.6.3	3	4		ELU	
Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Válvulas	2.4.6	Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Válvulas - Deficiência Estrutural	2.4.6.6	1			STD	
Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Óleo	2.4.8	Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Óleo - Desvio dos Parâmetros	2.4.8.1	19	19		PDE	
Motor de Combustão - Sistema de resfriamento - Trocador de calor	2.5.1	Motor de Combustão - Sistema de resfriamento - Trocador de calor - Superaquecimento	2.5.1.2	1	2	OHE		
Motor de Combustão - Sistema de resfriamento - Trocador de calor	2.5.1	Motor de Combustão - Sistema de resfriamento - Trocador de calor - Desvio dos Parâmetros	2.5.1.3	1		2	PDE	
Motor de Combustão - Miscelânea - Juntas do flange	2.6.2	Motor de Combustão - Miscelânea - Juntas do flange - Vazamento Externo (Utilitários)	2.6.2.1	2	2	2	ELU	

Tabela A.7 - Quantidade de eventos por modo de falha do compressor baseado no OREDA (2002)

Lista de modos de falha			Quantidade de eventos			
			Conjunto 3 compressores	Compressor A	Compressor B	Compressor C
AIR	Abnormal instrument reading	AIR - Leitura Anormal de Instrumentos	4	2	1	1
BRD	Breakdown	BRD - Avaria	10	6	3	1
ERO	Erratic output	ERO - Saída Irregular	0	0	0	0
ELP	External Leakage - Process Medium	ELP - Vazamento Externo - Processo	31	9	10	12
ELU	External Leakage - Utility Medium	ELU - Vazamento Externo - Utilitários	48	16	13	19
FTS	Fail to Start on Demand	FTS - Falha na Partida	0	0	0	0
STP	Fail to Stop on Demand	STP - Falha na Parada	0	0	0	0
HIO	High Output	HIO - Dados de Saída Elevados	0	0	0	0
INL	Internal Leakage	INL - Vazamento Interno	3	2	0	1
LOO	Low Output	LOO - Dados de Saída Baixos	0	0	0	0
SER	Minor in-Service Problems	SER - Problemas em Serviços Menores	0	0	0	0
NOI	Noise	NOI - Ruído	3	2	1	0
OTH	Others	OTH - Outros	0	0	0	0
OHE	Overheating	OHE - Superaquecimento	1	0	1	0
PDE	Parameter Deviation	PDE - Desvio dos Parâmetros	260	80	96	84
UST	Spurious Stop	UST - Parada Falsa	0	0	0	0
STD	Structural Deficiency	STD - Deficiência Estrutural	135	53	44	38
UNK	Unknown	UNK - Desconhecido	0	0	0	0
VIB	Vibration	VIB - Vibração	1	0	1	0
Total			496	170	170	156

Tabela A.8 - Quantidade de eventos por modo de falha do motor a gás baseado no OREDA (2002)

Lista de modos de falha			Quantidade de eventos			
			Conjunto 3 motores	Motor a gás A	Motor a gás B	Motor a gás C
AIR	Abnormal instrument reading	AIR - Leitura Anormal de Instrumentos	0	0	0	0
BRD	Breakdown	BRD - Avaria	0	0	0	0
ERO	Erratic output	ERO - Saída Irregular	0	0	0	0
ELF	External Leakage - Fuel	ELF - Vazamento Externo - Combustível	0	0	0	0
ELU	External Leakage - Utility Medium	ELU - Vazamento Externo - Utilitários	19	8	2	9
FTS	Fail to Start on Demand	FTS - Falha na Partida	32	11	10	11
STP	Fail to Stop on Demand	STP - Falha na Parada	0	0	0	0
HIO	High Output	HIO - Dados de Saída Elevados	0	0	0	0
INL	Internal Leakage	INL - Vazamento Interno	0	0	0	0
LOO	Low Output	LOO - Dados de Saída Baixos	0	0	0	0
SER	Minor in-Service Problems	SER - Problemas em Serviços Menores	0	0	0	0
NOI	Noise	NOI - Ruído	0	0	0	0
OTH	Others	OTH - Outros	0	0	0	0
OHE	Overheating	OHE - Superaquecimento	4	1	2	1
PDE	Parameter Deviation	PDE - Desvio dos Parâmetros	50	16	15	19
UST	Spurious Stop	UST - Parada Falsa	0	0	0	0
STD	Structural Deficiency	STD - Deficiência Estrutural	21	8	6	7
UNK	Unknown	UNK - Desconhecido	0	0	0	0
VIB	Vibration	VIB - Vibração	0	0	0	0
Total			126	44	35	47

Tabela A.9 - FMEA do compressor no sistema de compressão

Subsistema	Equipamento	Componente	Modo de Falha	Classe (OREDA)	Efeitos Potenciais de Falha			Causas Potenciais / Mecanismos de Falha	Ações Recomendadas	
					Operacional	Não Operacional (CoF)				
						Segurança	Ambiental			Financeira
1. Compressor	1.1 Transmissão de força	1.1.1 Caixa de engrenagem / variador de velocidade	Avaria	BRD	Equipamento não funciona	0,1	0,1	0,5	Danificado	Inspeção visual
			Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento de óleo	Inspeção visual
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Grimpamento ou desalinhamento	Inspeção visual
			Superaquecimento	OHE	Queda de Rendimento	0,1	0,1	0,5	Grimpamento	Manutenção detectiva
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
			Vibração	VIB	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
		1.1.2 Mancais	Avaria	BRD	Mancal inoperante	0,1	0,1	0,5	Danificado	Inspeção visual
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Grimpamento ou desalinhamento	Inspeção visual
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
			Vibração	VIB	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
		1.1.3 Acoplamento do lado acionador	Avaria	BRD	Não transmissão de movimento	0,1	0,1	0,5	Danificado	Inspeção visual
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Grimpamento ou desalinhamento	Inspeção visual
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
			Vibração	VIB	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
		1.1.4 Acoplamento do lado da unidade acionada	Avaria	BRD	Não transmissão de movimento	0,1	0,1	0,5	Danificado	Inspeção visual
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Grimpamento ou desalinhamento	Inspeção visual
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
			Vibração	VIB	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
		1.1.5 Lubrificação	Desvio dos Parâmetros	PDE	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,5	Oxidação ou contaminação metálica	Manutenção detectiva
		1.1.6 Selos	Avaria	BRD	Equipamento não funciona	0,1	0,1	0,5	Grimpamento ou desalinhamento	Manutenção detectiva
			Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Desalinhamento	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
			Desvio dos Parâmetros	PDE	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,5	Desequilíbrio de pressão entre jusante e montante	Manutenção detectiva
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
		1.2 Unidade compressora	1.2.1 Carcaça	Deficiência Estrutural	STD	Trinca ou quebra	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste

continuação

Subsistema	Equipamento	Componente	Modo de Falha	Classe (OREDA)	Efeitos Potenciais de Falha			Causas Potenciais / Mecanismos de Falha	Ações Recomendadas	
					Operacional	Não Operacional (CoF)				
						Segurança	Ambiental			Financeira
1. Compressor	1.2 Unidade compressora	1.2.2 Rotor com impelidores	Avaria	BRD	Equipamento não funciona	0,1	0,1	1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual / Substituição
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Grimpamento ou desalinhamento	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Deficiência Estrutural	STD	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Fadiga ou desgaste	Manutenção detectiva
			Vibração	VIB	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
		1.2.3 Pistão de balanceamento	Avaria	BRD	Equipamento não funciona	0,1	0,1	0,5	Grimpamento ou desalinhamento	Manutenção detectiva
			Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Corrosão / Erosão	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
			Desvio dos Parâmetros	PDE	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,5	Desequilíbrio de pressão entre jusante e montante	Manutenção detectiva
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
		1.2.4 Selos entre estágios	Avaria	BRD	Equipamento não funciona	0,1	0,1	0,5	Grimpamento ou desalinhamento	Manutenção detectiva
			Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Desalinhamento	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
			Desvio dos Parâmetros	PDE	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,5	Desequilíbrio de pressão entre jusante e montante	Manutenção detectiva
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
		1.2.5 Mancal radial	Avaria	BRD	Equipamento não funciona	0,1	0,1	0,5	Grimpamento ou desalinhamento	Manutenção detectiva
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Grimpamento	Manutenção detectiva
			Superaquecimento	OHE	Queda de Rendimento	0,1	0,1	0,5	Grimpamento	Manutenção detectiva
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Manutenção detectiva
			Vibração	VIB	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Grimpamento ou desalinhamento	Medição de análise de vibrações
		1.2.6 Mancal de escora	Avaria	BRD	Equipamento não funciona	0,1	0,1	0,5	Grimpamento ou desalinhamento	Manutenção detectiva
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Grimpamento	Manutenção detectiva
			Superaquecimento	OHE	Queda de Rendimento	0,1	0,1	0,5	Grimpamento	Manutenção detectiva
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Manutenção detectiva
Vibração	VIB		Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Grimpamento ou desalinhamento	Medição de análise de vibrações		
1.2.7 Selagem do eixo	Avaria	BRD	Equipamento não funciona	0,1	0,1	0,5	Grimpamento ou desalinhamento	Manutenção detectiva		
	Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Desalinhamento	Medição de análise de vibrações e inspeção visual		
	Desvio dos Parâmetros	PDE	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,5	Desequilíbrio de pressão entre jusante e montante	Manutenção detectiva		

continuação

Subsistema	Equipamento	Componente	Modo de Falha	Classe (OREDA)	Efeitos Potenciais de Falha			Causas Potenciais / Mecanismos de Falha	Ações Recomendadas	
					Operacional	Não Operacional (CoF)				
						Segurança	Ambiental			Financeira
1. Compressor	1.2 Unidade compressora	1.2.7 Selagem do eixo	Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
		1.2.8 Tubulações internas	Vazamento interno	INL	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento de óleo lubrificante	Manutenção detectiva
		1.2.9 Válvulas	Leitura Anormal de Instrumentos	AIR	Controle Ineficiente	0,5	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Avaria	BRD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Emperramento ou quebra	Calibração ou substituição
			Vazamento Externo - Processo	ELP	Queda de Pressão	0,1	0,1	0,5	Corrosão / Erosão	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Queda de Pressão	0,1	0,1	0,5	Corrosão / Erosão	Inspeção visual
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Emperramento ou quebra	Calibração
			Desvio de Parâmetros	PDE	Controle Ineficiente	1	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
		1.2.10 Sistema antissurge	Desvio de Parâmetros	PDE	Controle Ineficiente	1	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
	1.2.11 Pistão	Avaria	BRD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Emperramento ou grimpamento	Substituição	
		Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Emperramento ou grimpamento	Substituição	
		Vibração	VIB	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Grimpamento ou desalinhamento	Medição de análise de vibrações	
	1.2.12 Camisa do cilindro	Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Queda de Pressão	0,1	0,1	0,5	Falha em junta	Inspeção visual	
		Vazamento Interno	INL	Queda de Rendimento	0,5	0,1	0,5	Cabeçote ou pistão defeituoso	Manutenção detectiva / Inspeção visual	
		Desvio dos Parâmetros	PDE	Queda de Rendimento	0,5	0,1	0,5	Ovalização do cilindro	Manutenção detectiva	
	1.2.13 Engaxetamento	Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento	Inspeção visual	
	1.3 Controle e monitoração	1.3.1 Dispositivo de atuação	Desvio de Parâmetros	PDE	Controle Ineficiente	1	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
		1.3.2 Unidade de controle	Leitura Anormal de Instrumentos	AIR	Controle Ineficiente	0,5	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Desvio dos Parâmetros	PDE	Controle Ineficiente	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Calibração
1.3.3 Cabos e caixas de junção		Avaria	BRD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,5	Rompimento / curto circuito de cabo ou junção	Correção ou substituição	
1.3.4 Alimentação elétrica interna		Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga, desgaste ou curto	Inspeção visual	
1.3.5 Monitoração		Leitura Anormal de Instrumentos	AIR	Controle Ineficiente	0,5	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual	
1.3.6 Sensores		Avaria	BRD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Danificado	Calibração ou substituição	

continuação

Subsistema	Equipamento	Componente	Modo de Falha	Classe (OREDA)	Efeitos Potenciais de Falha				Causas Potenciais / Mecanismos de Falha	Ações Recomendadas
					Operacional	Não Operacional (CoF)				
						Segurança	Ambiental	Financeira		
1. Compressor	1.3 Controle e monitoração	1.3.6 Sensores	Desvio dos Parâmetros	PDE	Controle Ineficiente	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Calibração
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
		1.3.7 Válvulas	Leitura Anormal de Instrumentos	AIR	Controle Ineficiente	0,5	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Avaria	BRD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Emperramento ou quebra	Calibração ou substituição
			Vazamento Externo - Processo	ELP	Queda de Pressão	0,1	0,1	0,5	Corrosão / Erosão	Inspeção visual
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Emperramento ou quebra	Calibração
			Desvio de Parâmetros	PDE	Controle Ineficiente	1	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
		1.3.8 Fiação	Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Rompimento ou curto circuito	Manutenção detectiva / Inspeção visual
		1.3.9 Tubulações	Vazamento Externo - Processo	ELP	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento	Inspeção visual
			Deficiência Estrutural	STD	Trinca ou quebra	1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
			Vibração	VIB	Vibração	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
		1.3.10 Selos	Avaria	BRD	Equipamento não funciona	0,1	0,1	0,5	Grimpamento ou desalinhamento	Manutenção detectiva
			Vazamento Externo - Processo	ELP	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Desalinhamento	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
	Desvio dos Parâmetros		PDE	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,5	Desequilíbrio de pressão entre jusante e montante	Manutenção detectiva	
	Deficiência Estrutural		STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual	
	1.4 Sistema de lubrificação	1.4.1 Tanque de óleo com sistema de aquecimento	Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento de óleo lubrificante	Inspeção visual
		1.4.2 Bomba	Avaria	BRD	Bomba não funciona	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento de óleo lubrificante	Inspeção visual
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Grimpamento	Inspeção visual
			Superaquecimento	OHE	Queda de Rendimento	0,1	0,1	0,5	Grimpamento	Manutenção detectiva
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
Vibração			VIB	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Medição de análise de vibrações e inspeção visual	
1.4.3 Motor		Avaria	BRD	Motor não funciona	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual	

continuação

Subsistema	Equipamento	Componente	Modo de Falha	Classe (OREDA)	Efeitos Potenciais de Falha				Causas Potenciais / Mecanismos de Falha	Ações Recomendadas
					Operacional	Não Operacional (CoF)				
						Segurança	Ambiental	Financeira		
1. Compressor	1.4 Sistema de lubrificação	1.4.3 Motor	Falha na Partida	FTS	Motor não funciona	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Grimpamento ou dano	Substituição
			Desvio de Parâmetros	PDE	Controle Ineficiente	1	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
			Vibração	VIB	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
		1.4.4 Válvulas de retenção	Leitura Anormal de Instrumentos	AIR	Controle Ineficiente	0,5	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Avaria	BRD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Emperramento ou quebra	Calibração ou substituição
			Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Queda de Pressão	0,1	0,1	0,5	Corrosão / Erosão	Inspeção visual
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Emperramento ou quebra	Calibração
			Desvio de Parâmetros	PDE	Controle Ineficiente	1	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
		1.4.5 Resfriadores	Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento de óleo lubrificante ou de água	Inspeção visual
			Vazamento interno	INL	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento de óleo lubrificante ou de água	Manutenção detectiva
			Superaquecimento	OHE	Queda de Rendimento	0,1	0,1	0,5	Entupimento ou sujidades nas colméias	Manutenção detectiva
			Desvio dos Parâmetros	PDE	Queda de Rendimento	0,1	0,1	0,5	Entupimento ou sujidades nas colméias	Manutenção detectiva
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
		1.4.6 Filtros	Desvio dos Parâmetros	PDE	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Entupimento de filtros	Manutenção detectiva / Inspeção visual
		1.4.7 Tubulações	Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento de óleo lubrificante	Inspeção visual
			Deficiência Estrutural	STD	Trinca ou quebra	1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
			Vibração	VIB	Vibração	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
		1.4.8 Válvulas	Leitura Anormal de Instrumentos	AIR	Controle Ineficiente	0,5	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Avaria	BRD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Emperramento ou quebra	Calibração ou substituição
			Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Queda de Pressão	0,1	0,1	0,5	Corrosão / Erosão	Inspeção visual
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Emperramento ou quebra	Calibração

continuação

Subsistema	Equipamento	Componente	Modo de Falha	Classe (OREDA)	Efeitos Potenciais de Falha				Causas Potenciais / Mecanismos de Falha	Ações Recomendadas
					Operacional	Não Operacional (CoF)				
						Segurança	Ambiental	Financeira		
1. Compressor	1.4 Sistema de lubrificação	1.4.8 Válvulas	Desvio de Parâmetros	PDE	Controle Ineficiente	1	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
		1.4.9 Óleo lubrificante	Desvio dos Parâmetros	PDE	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,5	Insolúveis ou contaminação metálica	Manutenção detectiva
	1.5 Sistema de selagem do eixo	1.5.1 Tanque de óleo com aquecimento	Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento de óleo	Inspeção visual
			1.5.2 Reservatório	Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento de óleo lubrificante
		1.5.3 Bomba	Avaria	BRD	Bomba não funciona	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento de óleo lubrificante	Inspeção visual
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Grimpamento	Inspeção visual
			Superaquecimento	OHE	Queda de Rendimento	0,1	0,1	0,5	Grimpamento	Manutenção detectiva
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
			Vibração	VIB	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
		1.5.4 Motor	Avaria	BRD	Motor não funciona	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Falha na Partida	FTS	Motor não funciona	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Grimpamento ou dano	Substituição
			Desvio de Parâmetros	PDE	Controle Ineficiente	1	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
			Vibração	VIB	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
		1.5.5 Engrenagem	Avaria	BRD	Não funciona	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Grimpamento ou dano	Substituição
	Deficiência Estrutural		STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual	
	Vibração		VIB	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Desalinhamento	Medição de análise de vibrações e inspeção visual	
	1.5.6 Filtros	Desvio dos Parâmetros	PDE	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Entupimento de filtros	Manutenção detectiva / Inspeção visual	
	1.5.7 Válvulas	Leitura Anormal de Instrumentos	AIR	Controle Ineficiente	0,5	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual	
Avaria		BRD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Emperramento ou quebra	Calibração ou substituição		

continuação

Subsistema	Equipamento	Componente	Modo de Falha	Classe (OREDA)	Efeitos Potenciais de Falha				Causas Potenciais / Mecanismos de Falha	Ações Recomendadas	
					Operacional	Não Operacional (CoF)					
						Segurança	Ambiental	Financeira			
1. Compressor	1.5 Sistema de selagem do eixo	1.5.7 Válvulas	Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Queda de Pressão	0,1	0,1	0,5	Corrosão / Erosão	Inspeção visual	
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Emperramento ou quebra	Calibração	
			Desvio de Parâmetros	PDE	Controle Ineficiente	1	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual	
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual	
		1.5.8 Óleo de selagem	Desvio dos Parâmetros	PDE	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,5	Insolúveis ou contaminação metálica	Manutenção detectiva	
		1.5.9 Selo de gás seco	Avaria	BRD	Equipamento não funciona	0,1	0,1	0,5	Grimpamento ou desalinhamento	Manutenção detectiva	
			Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Desalinhamento	Medição de análise de vibrações e inspeção visual	
			Desvio dos Parâmetros	PDE	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,5	Desequilíbrio de pressão entre jusante e montante	Manutenção detectiva	
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual	
		1.5.10 Selo mecânico	Avaria	BRD	Equipamento não funciona	0,1	0,1	0,5	Grimpamento ou desalinhamento	Manutenção detectiva	
			Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Desalinhamento	Medição de análise de vibrações e inspeção visual	
			Desvio dos Parâmetros	PDE	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,5	Desequilíbrio de pressão entre jusante e montante	Manutenção detectiva	
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual	
		1.5.11 Scrubber	Avaria	BRD	Equipamento não funciona	0,1	0,1	0,5	Grimpamento ou desalinhamento	Manutenção detectiva	
			Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento	Medição de análise de vibrações e inspeção visual	
			Desvio dos Parâmetros	PDE	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,5	Entupimento ou obstrução	Manutenção detectiva	
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual	
		1.6 Miscelânea	1.6.1 Base	Deficiência Estrutural	STD	Trinca ou quebra	1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
				Vibração	VIB	Vibração	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
			1.6.2 Tubulações, suporte de tubulações e foles	Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento	Inspeção visual
				Deficiência Estrutural	STD	Trinca ou quebra	1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
				Vibração	VIB	Vibração	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
			1.6.3 Válvulas de controle	Leitura Anormal de Instrumentos	AIR	Controle Ineficiente	0,5	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
		Avaria		BRD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Emperramento ou quebra	Calibração ou substituição	

continuação

Subsistema	Equipamento	Componente	Modo de Falha	Classe (OREDA)	Efeitos Potenciais de Falha			Causas Potenciais / Mecanismos de Falha	Ações Recomendadas	
					Operacional	Não Operacional (CoF)				
						Segurança	Ambiental			Financeira
1. Compressor	1.6 Miscelânea	1.6.3 Válvulas de controle	Vazamento Externo - Processo	ELP	Queda de Pressão	0,1	0,1	0,5	Corrosão / Erosão	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Queda de Pressão	0,1	0,1	0,5	Corrosão / Erosão	Inspeção visual
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Emperramento ou quebra	Calibração
			Desvio de Parâmetros	PDE	Controle Ineficiente	1	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
		1.6.4 Válvulas de isolamento	Leitura Anormal de Instrumentos	AIR	Controle Ineficiente	0,5	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Avaria	BRD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Emperramento ou quebra	Calibração ou substituição
			Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Queda de Pressão	0,1	0,1	0,5	Corrosão / Erosão	Inspeção visual
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Emperramento ou quebra	Calibração
			Desvio de Parâmetros	PDE	Controle Ineficiente	1	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
		1.6.5 Válvulas de retenção	Leitura Anormal de Instrumentos	AIR	Controle Ineficiente	0,5	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Avaria	BRD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Emperramento ou quebra	Calibração ou substituição
			Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Queda de Pressão	0,1	0,1	0,5	Corrosão / Erosão	Inspeção visual
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Emperramento ou quebra	Calibração
			Desvio de Parâmetros	PDE	Controle Ineficiente	1	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
		1.6.6 Resfriadores	Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento de água	Inspeção visual
			Superaquecimento	OHE	Queda de Rendimento	0,1	0,1	0,5	Entupimento ou sujidades nas colméias e aletas	Manutenção detectiva
			Desvio dos Parâmetros	PDE	Queda de Rendimento	0,1	0,1	0,5	Entupimento ou sujidades nas colméias e aletas	Manutenção detectiva
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
		1.6.7 Silenciadores	Avaria	BRD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,5	Grimpamento ou desalinhamento	Manutenção detectiva
			Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
Superaquecimento	OHE		Queda de Rendimento	0,1	0,1	0,5	Entupimento ou obstrução	Manutenção detectiva		

continuação

Subsistema	Equipamento	Componente	Modo de Falha	Classe (OREDA)	Efeitos Potenciais de Falha			Causas Potenciais / Mecanismos de Falha	Ações Recomendadas	
					Operacional	Não Operacional (CoF)				
						Segurança	Ambiental			Financeira
1. Compressor	1.6 Miscelânea	1.6.7 Silenciadores	Desvio dos Parâmetros	PDE	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,5	Corrosão / Erosão	Manutenção detectiva
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
		1.6.8 Ar de purga	Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento de ar	Inspeção visual
		1.6.9 Sistema de controle de mancal magnético	Leitura Anormal de Instrumentos	AIR	Controle Ineficiente	0,5	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Desvio dos Parâmetros	PDE	Controle Ineficiente	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Calibração
		1.6.10 Juntas do flange	Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento	Inspeção visual

Obs.: Os modos de falha são selecionados qualitativamente o que contribui direta e indiretamente para o desarme da máquina, risco de segurança ou pessoas (críticos).

NOTA: As taxonomias estão de acordo com a ABNT NBR ISO 14224 (2011).

Tabela A.10 - FMEA do motor de combustão no sistema de compressão

Subsistema	Equipamento	Componente	Modo de Falha	Classe (OREDA)	Efeitos Potenciais de Falha			Causas Potenciais / Mecanismos de Falha	Ações Recomendadas	
					Operacional	Não Operacional (CoF)				
						Segurança	Ambiental			Financeira
2. Motor de Combustão	2.1 Sistema de partida	2.1.1 Energia de partida (bateria, ar)	Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Arranque não parte	0,1	0,1	1	Vazamento de ar	Inspeção visual
			Falha na Partida	FTS	Arranque não parte	0,1	0,1	1	Corrente elétrica baixa	Manutenção detectiva
		2.1.2 Unidade de partida	Deficiência Estrutural	STD	Arranque não parte	0,1	0,1	1	Arranque defeituoso	Inspeção visual
		2.1.3 Controle de partida	Leitura Anormal de Instrumentos	AIR	Controle Ineficiente	0,5	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
	Desvio dos Parâmetros		PDE	Controle Ineficiente	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Calibração	
	2.2 Unidade de motor de combustão	2.2.1 Entrada de ar	Desvio dos Parâmetros	PDE	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Entupimento de filtros	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Queda de pressão	0,1	0,1	0,5	Vazamento de ar	Inspeção visual
		2.2.2 Sistema de ignição	Falha na Partida	FTS	Queda de potência	0,1	0,5	0,5	Falha na linha	Inspeção visual
		2.2.3 Turboalimentador	Avaria	BRD	Motor não funciona ou mistura pobre	0,1	0,1	1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual / Substituição
			Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Vazamento de ar	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Grimpamento ou desalinhamento	Inspeção visual
			Deficiência Estrutural	STD	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Fadiga ou desgaste	Manutenção detectiva
			Vibração	VIB	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
		2.2.4 Bomba de combustível	Vazamento Externo - Combustível	ELF	Queda de rendimento	0,1	0,5	0,5	Falha na linha	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Falha na Partida	FTS	Bomba não funciona	0,1	0,1	0,5	Defeito elétrico ou entrada de ar	Manutenção detectiva / Inspeção visual
		2.2.5 Injetores	Vazamento Externo - Combustível	ELF	Queda de potência	0,1	0,5	0,5	Falha na linha	Inspeção visual
			Deficiência Estrutural	STD	Cilindro não queima ou mistura rica	0,1	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva
		2.2.6 Filtros de combustível	Desvio dos Parâmetros	PDE	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Entupimento de filtros	Manutenção detectiva / Inspeção visual
		2.2.7 Exaustor	Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Queda de Pressão	0,1	0,1	0,5	Vazamento de gases de escape	Inspeção visual
			Superaquecimento	OHE	Queda de Rendimento	0,1	0,1	0,5	Sistema de injeção ou cabeçote defeituoso; falha no silencioso	Manutenção detectiva
		2.2.8 Cilindros	Avaria	BRD	Motor não funciona	0,1	0,1	1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual / Substituição
	Vazamento Interno		INL	Queda de Rendimento	0,1	0,1	0,5	Cabeçote ou pistão defeituoso	Manutenção detectiva / Inspeção visual	
	Ruído		NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Anomalia interna	Inspeção visual	
Vibração	VIB		Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Medição de análise de vibrações e inspeção visual		

continuação

Subsistema	Equipamento	Componente	Modo de Falha	Classe (OREDA)	Efeitos Potenciais de Falha				Causas Potenciais / Mecanismos de Falha	Ações Recomendadas
					Operacional	Não Operacional (CoF)				
						Segurança	Ambiental	Financeira		
2. Motor de Combustão	2.2 Unidade de motor de combustão	2.2.9 Pistão	Avaria	BRD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Emperramento ou grimpamento	Substituição
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Emperramento ou grimpamento	Substituição
			Vibração	VIB	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Grimpamento ou desalinhamento	Medição de análise de vibrações
		2.2.10 Eixo	Avaria	BRD	Equipamento não funciona	0,1	0,1	1	Grimpamento ou desalinhamento	Manutenção detectiva
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Grimpamento	Manutenção detectiva
			Superaquecimento	OHE	Queda de Rendimento	0,1	0,1	0,5	Grimpamento	Manutenção detectiva
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Manutenção detectiva
		2.2.11 Mancal radial	Avaria	BRD	Equipamento não funciona	0,1	0,1	0,5	Grimpamento ou desalinhamento	Manutenção detectiva
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Grimpamento	Manutenção detectiva
			Superaquecimento	OHE	Queda de Rendimento	0,1	0,1	0,5	Grimpamento	Manutenção detectiva
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Manutenção detectiva
			Vibração	VIB	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Grimpamento ou desalinhamento	Medição de análise de vibrações
		2.2.12 Mancal de escora	Avaria	BRD	Equipamento não funciona	0,1	0,1	0,5	Grimpamento ou desalinhamento	Manutenção detectiva
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Grimpamento	Manutenção detectiva
			Superaquecimento	OHE	Queda de Rendimento	0,1	0,1	0,5	Grimpamento	Manutenção detectiva
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Manutenção detectiva
			Vibração	VIB	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Grimpamento ou desalinhamento	Medição de análise de vibrações
		2.2.13 Selos	Avaria	BRD	Equipamento não funciona	0,1	0,1	0,5	Grimpamento ou desalinhamento	Manutenção detectiva
			Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Desalinhamento	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
			Desvio dos Parâmetros	PDE	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,5	Desequilíbrio de pressão entre jusante e montante	Manutenção detectiva
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
2.2.14 Tubulações	Vazamento Externo - Combustível	ELF	Queda de Rendimento	0,1	0,5	0,5	Falha na linha	Inspeção visual		
	Deficiência Estrutural	STD	Trinca ou quebra	1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual		
	Vibração	VIB	Vibração	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Medição de análise de vibrações e inspeção visual		
2.2.15 Válvulas	Leitura Anormal de Instrumentos	AIR	Controle Ineficiente	0,5	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual		

continuação

Subsistema	Equipamento	Componente	Modo de Falha	Classe (OREDA)	Efeitos Potenciais de Falha				Causas Potenciais / Mecanismos de Falha	Ações Recomendadas
					Operacional	Não Operacional (CoF)				
						Segurança	Ambiental	Financeira		
2. Motor de Combustão	2.2 Unidade de motor de combustão	2.2.15 Válvulas	Avaria	BRD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Emperramento ou quebra	Calibração ou substituição
			Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Queda de Pressão	0,1	0,1	0,5	Corrosão / Erosão	Inspeção visual
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Emperramento ou quebra	Calibração
			Desvio de Parâmetros	PDE	Controle Ineficiente	1	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
	2.3 Controle e monitoração	2.3.1 Dispositivo de atuação	Leitura Anormal de Instrumentos	AIR	Controle Ineficiente	0,5	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Avaria	BRD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Anomalia interna	Calibração ou substituição
			Desvio dos Parâmetros	PDE	Controle Ineficiente	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Calibração
		2.3.2 Unidade de controle	Leitura Anormal de Instrumentos	AIR	Controle Ineficiente	0,5	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Desvio dos Parâmetros	PDE	Controle Ineficiente	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Calibração
		2.3.3 Alimentação elétrica interna	Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga, desgaste ou curto	Inspeção visual
		2.3.4 Monitoração	Leitura Anormal de Instrumentos	AIR	Controle Ineficiente	0,5	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
		2.3.5 Sensores	Avaria	BRD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Danificado	Calibração ou substituição
			Desvio dos Parâmetros	PDE	Controle Ineficiente	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Calibração
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
		2.3.6 Válvulas	Leitura Anormal de Instrumentos	AIR	Controle Ineficiente	0,5	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Avaria	BRD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Emperramento ou quebra	Calibração ou substituição
			Vazamento Externo - Processo	ELP	Queda de Pressão	0,1	0,1	0,5	Corrosão / Erosão	Inspeção visual
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Emperramento ou quebra	Calibração
			Desvio de Parâmetros	PDE	Controle Ineficiente	1	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
	2.3.7 Fiação	Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Rompimento ou curto circuito	Manutenção detectiva / Inspeção visual	
	2.3.8 Tubulações	Vazamento Externo - Processo	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento	Inspeção visual	
		Deficiência Estrutural	STD	Trinca ou quebra	1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual	

continuação

Subsistema	Equipamento	Componente	Modo de Falha	Classe (OREDA)	Efeitos Potenciais de Falha				Causas Potenciais / Mecanismos de Falha	Ações Recomendadas
					Operacional	Não Operacional (CoF)				
						Segurança	Ambiental	Financeira		
2. Motor de Combustão	2.3 Controle e monitoração	2.3.8 Tubulações	Vibração	VIB	Vibração	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
		2.3.9 Selos	Avaria	BRD	Equipamento não funciona	0,1	0,1	0,5	Grimpamento ou desalinhamento	Manutenção detectiva
			Vazamento Externo - Processo	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Desalinhamento	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
			Desvio dos Parâmetros	PDE	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,5	Desequilíbrio de pressão entre jusante e montante	Manutenção detectiva
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
	2.4 Sistema de lubrificação	2.4.1 Reservatório	Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento de óleo lubrificante	Inspeção visual
		2.4.2 Bomba	Avaria	BRD	Bomba não funciona	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento de óleo lubrificante	Inspeção visual
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Grimpamento	Inspeção visual
			Superaquecimento	OHE	Queda de Rendimento	0,1	0,1	0,5	Grimpamento	Manutenção detectiva
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
			Vibração	VIB	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
		2.4.3 Motor	Avaria	BRD	Motor não funciona	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Falha na Partida	FTS	Motor não funciona	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Grimpamento ou dano	Substituição
			Desvio de Parâmetros	PDE	Controle Ineficiente	1	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
			Vibração	VIB	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
		2.4.4 Filtro	Desvio dos Parâmetros	PDE	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Entupimento de filtros	Manutenção detectiva / Inspeção visual
		2.4.5 Resfriador	Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento de óleo lubrificante ou de água	Inspeção visual
Vazamento interno	INL		Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento de óleo lubrificante ou de água	Manutenção detectiva		
Superaquecimento	OHE		Queda de Rendimento	0,1	0,1	0,5	Entupimento ou sujidades nas colméias	Manutenção detectiva		
Desvio dos Parâmetros	PDE		Queda de Rendimento	0,1	0,1	0,5	Entupimento ou sujidades nas colméias	Manutenção detectiva		
Deficiência Estrutural	STD		Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual		

continuação

Subsistema	Equipamento	Componente	Modo de Falha	Classe (OREDA)	Efeitos Potenciais de Falha			Causas Potenciais / Mecanismos de Falha	Ações Recomendadas	
					Operacional	Não Operacional (CoF)				
						Segurança	Ambiental			Financeira
2. Motor de Combustão	2.4 Sistema de lubrificação	2.4.6 Válvulas	Leitura Anormal de Instrumentos	AIR	Controle Ineficiente	0,5	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Avaria	BRD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Emperramento ou quebra	Calibração ou substituição
			Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Queda de Pressão	0,1	0,1	0,5	Corrosão / Erosão	Inspeção visual
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Emperramento ou quebra	Calibração
			Desvio de Parâmetros	PDE	Controle Ineficiente	1	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
		2.4.7 Tubulações	Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento de óleo lubrificante	Inspeção visual
			Deficiência Estrutural	STD	Trinca ou quebra	1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
			Vibração	VIB	Vibração	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
		2.4.8 Óleo	Desvio dos Parâmetros	PDE	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,5	Insólúveis ou contaminação metálica	Manutenção detectiva
		2.4.9 Sensor de controle de temperatura	Avaria	BRD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Danificado	Calibração ou substituição
			Desvio dos Parâmetros	PDE	Controle Ineficiente	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Calibração
	Deficiência Estrutural		STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual	
	2.5 Sistema de resfriamento	2.5.1 Trocador de calor	Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento de água	Inspeção visual
			Superaquecimento	OHE	Queda de Rendimento	0,1	0,1	0,5	Entupimento ou sujidades nas colméias e aletas	Manutenção detectiva
			Desvio dos Parâmetros	PDE	Queda de Rendimento	0,1	0,1	0,5	Entupimento ou sujidades nas colméias e aletas	Manutenção detectiva
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
		2.5.2 Ventilador	Avaria	BRD	Ventilador não funciona	0,1	0,1	0,5	Danificado	Inspeção visual
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Grimpamento ou desalinhamento	Inspeção visual
			Superaquecimento	OHE	Queda de Rendimento	0,1	0,1	0,5	Grimpamento	Manutenção detectiva
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
			Vibração	VIB	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
		2.5.3 Motor	Avaria	BRD	Motor elétrico não funciona	0,1	0,1	0,5	Danificado	Inspeção visual
		2.5.4 Filtros	Desvio dos Parâmetros	PDE	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Entupimento de filtros	Manutenção detectiva / Inspeção visual

continuação

Subsistema	Equipamento	Componente	Modo de Falha	Classe (OREDA)	Efeitos Potenciais de Falha			Causas Potenciais / Mecanismos de Falha	Ações Recomendadas	
					Operacional	Não Operacional (CoF)				
						Segurança	Ambiental			Financeira
2. Motor de Combustão	2.5 Sistema de resfriamento	2.5.5 Válvulas	Leitura Anormal de Instrumentos	AIR	Controle Ineficiente	0,5	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Avaria	BRD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Emperramento ou quebra	Calibração ou substituição
			Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Queda de Pressão	0,1	0,1	0,5	Corrosão / Erosão	Inspeção visual
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Emperramento ou quebra	Calibração
			Desvio de Parâmetros	PDE	Controle Ineficiente	1	0,1	0,1	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
		2.5.6 Tubulações	Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento de água	Inspeção visual
			Deficiência Estrutural	STD	Trinca ou quebra	1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
			Vibração	VIB	Vibração	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
		2.5.7 Bomba	Avaria	BRD	Bomba não funciona	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Manutenção detectiva / Inspeção visual
			Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento de água	Inspeção visual
			Ruído	NOI	Perturbação sonora	0,1	0,1	0,1	Grimpamento	Inspeção visual
			Superaquecimento	OHE	Queda de Rendimento	0,1	0,1	0,5	Grimpamento	Manutenção detectiva
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
			Vibração	VIB	Queda de rendimento	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Medição de análise de vibrações e inspeção visual
		2.5.8 Sensor de controle de temperatura	Avaria	BRD	Funcionamento anormal	1	0,1	0,1	Danificado	Calibração ou substituição
			Desvio dos Parâmetros	PDE	Controle Ineficiente	0,1	0,1	0,5	Anomalia interna	Calibração
			Deficiência Estrutural	STD	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
	2.6 Miscelânea	2.6.1 Casulo	Deficiência Estrutural	STD	Trinca ou quebra	0,1	0,1	0,1	Fadiga ou desgaste	Inspeção visual
		2.6.2 Juntas do flange	Vazamento Externo - Utilitários	ELU	Funcionamento anormal	0,1	0,1	0,1	Vazamento	Inspeção visual

Obs. Os modos de falha são selecionados qualitativamente o que contribui direta e indiretamente para o desarme da máquina, risco de segurança ou pessoas (críticos).

NOTA: As taxonomias estão de acordo com a ABNT NBR ISO 14224 (2011).

Tabela A.11 - Quantidade de eventos de falha do compressor A

Árvore (equipamento - sistema - subsistema)	Taxonomia	Falha (equipamento - sistema - subsistema - falha)	Taxonomia da Falha	Qnt. de Eventos	Nível i,j,k	Nível i,j	Nível i	Classificação (OREDA)
Compressor - Unidade compressora - Mancal radial	1.2.5	Compressor - Unidade compressora - Mancal radial - Avaria	1.2.5.1	1	1			BRD
Compressor - Unidade compressora - Válvulas	1.2.9	Compressor - Unidade compressora - Válvulas - Avaria	1.2.9.2	4				BRD
Compressor - Unidade compressora - Válvulas	1.2.9	Compressor - Unidade compressora - Válvulas - Ruído	1.2.9.5	2	10		16	NOI
Compressor - Unidade compressora - Válvulas	1.2.9	Compressor - Unidade compressora - Válvulas - Desvio de Parâmetros	1.2.9.6	4				PDE
Compressor - Unidade compressora - Camisa do cilindro	1.2.12	Compressor - Unidade compressora - Camisa do cilindro - Vazamento Interno	1.2.12.2	1	1			INL
Compressor - Unidade compressora - Engaxetamento	1.2.13	Compressor - Unidade compressora - Engaxetamento - Vazamento Externo (Utilitários)	1.2.13.1	4	4			ELU
Compressor - Controle e monitoração - Monitoração	1.3.5	Compressor - Controle e monitoração - Monitoração - Leitura Anormal de Instrumentos	1.3.5.1	2	2			AIR
Compressor - Controle e monitoração - Sensores	1.3.6	Compressor - Controle e monitoração - Sensores - Desvio dos Parâmetros	1.3.6.2	42				PDE
Compressor - Controle e monitoração - Sensores	1.3.6	Compressor - Controle e monitoração - Sensores - Deficiência Estrutural	1.3.6.3	9	51			STD
Compressor - Controle e monitoração - Válvulas	1.3.7	Compressor - Controle e monitoração - Válvulas - Desvio de Parâmetros	1.3.7.5	11				PDE
Compressor - Controle e monitoração - Válvulas	1.3.7	Compressor - Controle e monitoração - Válvulas - Deficiência Estrutural	1.3.7.6	2	13		87	STD
Compressor - Controle e monitoração - Fiação	1.3.8	Compressor - Controle e monitoração - Fiação - Deficiência Estrutural	1.3.8.1	11	11			STD
Compressor - Controle e monitoração - Tubulações	1.3.9	Compressor - Controle e monitoração - Tubulações - Vazamento Externo (Processo)	1.3.9.1	9				ELP
Compressor - Controle e monitoração - Tubulações	1.3.9	Compressor - Controle e monitoração - Tubulações - Deficiência Estrutural	1.3.9.2	1	10		165	STD
Compressor - Sistema de lubrificação - Motor	1.4.3	Compressor - Sistema de lubrificação - Motor - Deficiência Estrutural	1.4.3.5	3	3			STD
Compressor - Sistema de lubrificação - Resfriadores	1.4.5	Compressor - Sistema de lubrificação - Resfriadores - Vazamento Externo (Utilitários)	1.4.5.1	1				ELU
Compressor - Sistema de lubrificação - Resfriadores	1.4.5	Compressor - Sistema de lubrificação - Resfriadores - Vazamento interno	1.4.5.2	1	2			INL
Compressor - Sistema de lubrificação - Filtros	1.4.6	Compressor - Sistema de lubrificação - Filtros - Desvio dos Parâmetros	1.4.6.1	3	3		19	PDE
Compressor - Sistema de lubrificação - Tubulações	1.4.7	Compressor - Sistema de lubrificação - Tubulações - Vazamento Externo (Utilitários)	1.4.7.1	3	3			ELU
Compressor - Sistema de lubrificação - Válvulas	1.4.8	Compressor - Sistema de lubrificação - Válvulas - Vazamento Externo (Utilitários)	1.4.8.3	3	3			ELU
Compressor - Sistema de lubrificação - Óleo lubrificante	1.4.9	Compressor - Sistema de lubrificação - Óleo lubrificante - Desvio dos Parâmetros	1.4.9.1	5	5			PDE
Compressor - Sistema de selagem do eixo - Filtros	1.5.6	Compressor - Sistema de selagem do eixo - Filtros - Desvio dos Parâmetros	1.5.6.1	1	1		2	PDE
Compressor - Sistema de selagem do eixo - Selo mecânico	1.5.10	Compressor - Sistema de selagem do eixo - Selo mecânico - Vazamento Externo (Utilitários)	1.5.10.2	1	1			ELU
Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles	1.6.2	Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles - Vazamento Externo (Utilitários)	1.6.2.1	3				ELU
Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles	1.6.2	Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles - Deficiência Estrutural	1.6.2.2	10	13			STD

continuação

Árvore (equipamento - sistema - subsistema)	Taxonomia	Falha (equipamento - sistema - subsistema - falha)	Taxonomia da Falha	Qnt. de Eventos	Nível i,j,k	Nível i,j	Nível i	Classificação (OREDA)
Compressor - Miscelânea - Válvulas de controle	1.6.3	Compressor - Miscelânea - Válvulas de controle - Desvio de Parâmetros	1.6.3.6	4	5	41		PDE
Compressor - Miscelânea - Válvulas de controle	1.6.3	Compressor - Miscelânea - Válvulas de controle - Deficiência Estrutural	1.6.3.7	1				STD
Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento	1.6.4	Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento - Avaria	1.6.4.2	1	5			BRD
Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento	1.6.4	Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento - Desvio de Parâmetros	1.6.4.5	3				PDE
Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento	1.6.4	Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento - Deficiência Estrutural	1.6.4.6	1				STD
Compressor - Miscelânea - Resfriadores	1.6.6	Compressor - Miscelânea - Resfriadores - Desvio dos Parâmetros	1.6.6.3	7	17			PDE
Compressor - Miscelânea - Resfriadores	1.6.6	Compressor - Miscelânea - Resfriadores - Deficiência Estrutural	1.6.6.4	10				STD
Compressor - Miscelânea - Ar de purga	1.6.8	Compressor - Miscelânea - Ar de purga - Vazamento Externo (Utilitários)	1.6.8.1	1	1			ELU

Tabela A.12 - Quantidade de eventos de falha do motor a gás A

Árvore (equipamento - sistema - subsistema)	Taxonomia	Falha (equipamento - sistema - subsistema - falha)	Taxonomia da Falha	Qty. de Eventos	Nível i,j,k	Nível i,j	Nível i	Classificação (OREDA)
Motor de Combustão - Sistema de partida - Energia de partida (bateria, ar)	2.1.1	Motor de Combustão - Sistema de partida - Energia de partida (bateria, ar) - Vazamento Externo (Utilitários)	2.1.1.1	1	1			ELU
Motor de Combustão - Sistema de partida - Unidade de partida	2.1.2	Motor de Combustão - Sistema de partida - Unidade de partida - Deficiência Estrutural	2.1.2.1	5	5	8		STD
Motor de Combustão - Sistema de partida - Controle de partida	2.1.3	Motor de Combustão - Sistema de partida - Controle de partida - Desvio dos Parâmetros	2.1.3.2	2	2			PDE
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Sistema de ignição	2.2.2	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Sistema de ignição - Falha na Partida	2.2.2.1	11	11			FTS
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Selos	2.2.13	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Selos - Deficiência Estrutural	2.2.13.4	1	1			STD
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Válvulas	2.2.15	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Válvulas - Vazamento Externo (Utilitários)	2.2.15.3	2		19		ELU
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Válvulas	2.2.15	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Válvulas - Desvio de Parâmetros	2.2.15.5	4	7			PDE
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Válvulas	2.2.15	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Válvulas - Deficiência Estrutural	2.2.15.6	1				STD
Motor de Combustão - Controle e monitoração - Sensores	2.3.5	Motor de Combustão - Controle e monitoração - Sensores - Desvio dos Parâmetros	2.3.5.2	2			44	PDE
Motor de Combustão - Controle e monitoração - Sensores	2.3.5	Motor de Combustão - Controle e monitoração - Sensores - Deficiência Estrutural	2.3.5.3	1	3	3		STD
Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Bomba	2.4.2	Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Bomba - Vazamento Externo (Utilitários)	2.4.2.2	2	2			ELU
Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Filtro	2.4.4	Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Filtro - Desvio dos Parâmetros	2.4.4.1	1	1			PDE
Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Válvulas	2.4.6	Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Válvulas - Vazamento Externo (Utilitários)	2.4.6.3	2	2	11		ELU
Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Óleo	2.4.8	Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Óleo - Desvio dos Parâmetros	2.4.8.1	6	6			PDE
Motor de Combustão - Sistema de resfriamento - Trocador de calor	2.5.1	Motor de Combustão - Sistema de resfriamento - Trocador de calor - Superaquecimento	2.5.1.2	1				OHE
Motor de Combustão - Sistema de resfriamento - Trocador de calor	2.5.1	Motor de Combustão - Sistema de resfriamento - Trocador de calor - Desvio dos Parâmetros	2.5.1.3	1	2	2		PDE
Motor de Combustão - Miscelânea - Juntas do flange	2.6.2	Motor de Combustão - Miscelânea - Juntas do flange - Vazamento Externo (Utilitários)	2.6.2.1	1	1	1		ELU

Tabela A.13 - Quantidade de eventos de falha do compressor B

Árvore (equipamento - sistema - subsistema)	Taxonomia	Falha (equipamento - sistema - subsistema - falha)	Taxonomia da Falha	Qnt. de Eventos	Nível i,j,k	Nível i,j	Nível i	Classificação (OREDA)
Compressor - Transmissão de força - Acoplamento do lado acionador	1.1.3	Compressor - Transmissão de força - Acoplamento do lado acionador - Deficiência Estrutural	1.1.3.3	1	1	1	11	STD
Compressor - Unidade compressora - Válvulas	1.2.9	Compressor - Unidade compressora - Válvulas - Avaria	1.2.9.2	2	8	11		BRD
Compressor - Unidade compressora - Válvulas	1.2.9	Compressor - Unidade compressora - Válvulas - Vazamento Externo (Processo)	1.2.9.3	1				ELP
Compressor - Unidade compressora - Válvulas	1.2.9	Compressor - Unidade compressora - Válvulas - Ruído	1.2.9.5	1				NOI
Compressor - Unidade compressora - Válvulas	1.2.9	Compressor - Unidade compressora - Válvulas - Desvio de Parâmetros	1.2.9.6	4				PDE
Compressor - Unidade compressora - Pistão	1.2.11	Compressor - Unidade compressora - Pistão - Avaria	1.2.11.1	1	1	BRD		
Compressor - Unidade compressora - Engaxetamento	1.2.13	Compressor - Unidade compressora - Engaxetamento - Vazamento Externo (Utilitários)	1.2.13.1	2	2	ELU		
Compressor - Controle e monitoração - Monitoração	1.3.5	Compressor - Controle e monitoração - Monitoração - Leitura Anormal de Instrumentos	1.3.5.1	1	1	AIR		
Compressor - Controle e monitoração - Sensores	1.3.6	Compressor - Controle e monitoração - Sensores - Desvio dos Parâmetros	1.3.6.2	48	50	PDE		
Compressor - Controle e monitoração - Sensores	1.3.6	Compressor - Controle e monitoração - Sensores - Deficiência Estrutural	1.3.6.3	2		STD		
Compressor - Controle e monitoração - Válvulas	1.3.7	Compressor - Controle e monitoração - Válvulas - Vazamento Externo (Processo)	1.3.7.3	2	14	77		ELP
Compressor - Controle e monitoração - Válvulas	1.3.7	Compressor - Controle e monitoração - Válvulas - Desvio de Parâmetros	1.3.7.5	10			PDE	
Compressor - Controle e monitoração - Válvulas	1.3.7	Compressor - Controle e monitoração - Válvulas - Deficiência Estrutural	1.3.7.6	2			STD	
Compressor - Controle e monitoração - Fiação	1.3.8	Compressor - Controle e monitoração - Fiação - Deficiência Estrutural	1.3.8.1	3			3	STD
Compressor - Controle e monitoração - Tubulações	1.3.9	Compressor - Controle e monitoração - Tubulações - Vazamento Externo (Processo)	1.3.9.1	6	9	ELP		
Compressor - Controle e monitoração - Tubulações	1.3.9	Compressor - Controle e monitoração - Tubulações - Deficiência Estrutural	1.3.9.2	3		STD		
Compressor - Sistema de lubrificação - Bomba	1.4.2	Compressor - Sistema de lubrificação - Bomba - Vazamento Externo (Utilitários)	1.4.2.2	1	1	ELU		
Compressor - Sistema de lubrificação - Motor	1.4.3	Compressor - Sistema de lubrificação - Motor - Deficiência Estrutural	1.4.3.5	6	7	STD		
Compressor - Sistema de lubrificação - Motor	1.4.3	Compressor - Sistema de lubrificação - Motor - Vibração	1.4.3.6	1		VIB		
Compressor - Sistema de lubrificação - Resfriadores	1.4.5	Compressor - Sistema de lubrificação - Resfriadores - Deficiência Estrutural	1.4.5.5	4	4	22	STD	
Compressor - Sistema de lubrificação - Filtros	1.4.6	Compressor - Sistema de lubrificação - Filtros - Desvio dos Parâmetros	1.4.6.1	5	5	PDE		
Compressor - Sistema de lubrificação - Tubulações	1.4.7	Compressor - Sistema de lubrificação - Tubulações - Vazamento Externo (Utilitários)	1.4.7.1	2	2	ELU		
Compressor - Sistema de lubrificação - Óleo lubrificante	1.4.9	Compressor - Sistema de lubrificação - Óleo lubrificante - Desvio dos Parâmetros	1.4.9.1	3	3	PDE		
Compressor - Sistema de selagem do eixo - Filtros	1.5.6	Compressor - Sistema de selagem do eixo - Filtros - Desvio dos Parâmetros	1.5.6.1	3	3	3	PDE	
Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles	1.6.2	Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles - Vazamento Externo (Utilitários)	1.6.2.1	4	8	ELU		

continuação

Árvore (equipamento - sistema - subsistema)	Taxonomia	Falha (equipamento - sistema - subsistema - falha)	Taxonomia da Falha	Qnt. de Eventos	Nível i,j,k	Nível i,j	Nível i	Classificação (OREDA)
Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles	1.6.2	Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles - Deficiência Estrutural	1.6.2.2	4		40		STD
Compressor - Miscelânea - Válvulas de controle	1.6.3	Compressor - Miscelânea - Válvulas de controle - Desvio de Parâmetros	1.6.3.6	4	5			PDE
Compressor - Miscelânea - Válvulas de controle	1.6.3	Compressor - Miscelânea - Válvulas de controle - Deficiência Estrutural	1.6.3.7	1				STD
Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento	1.6.4	Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento - Vazamento Externo (Utilitários)	1.6.4.3	1				ELU
Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento	1.6.4	Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento - Desvio de Parâmetros	1.6.4.5	4	8			PDE
Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento	1.6.4	Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento - Deficiência Estrutural	1.6.4.6	3				STD
Compressor - Miscelânea - Resfriadores	1.6.6	Compressor - Miscelânea - Resfriadores - Superaquecimento	1.6.6.2	1				OHE
Compressor - Miscelânea - Resfriadores	1.6.6	Compressor - Miscelânea - Resfriadores - Desvio dos Parâmetros	1.6.6.3	9	18			PDE
Compressor - Miscelânea - Resfriadores	1.6.6	Compressor - Miscelânea - Resfriadores - Deficiência Estrutural	1.6.6.4	8				STD
Compressor - Miscelânea - Ar de purga	1.6.8	Compressor - Miscelânea - Ar de purga - Vazamento Externo (Utilitários)	1.6.8.1	1	1			ELU

Tabela A.14 - Quantidade de eventos de falha do motor a gás B

Árvore (equipamento - sistema - subsistema)	Taxonomia	Falha (equipamento - sistema - subsistema - falha)	Taxonomia da Falha	Qty. de Eventos	Nível i,j,k	Nível i,j	Nível i	Classificação (OREDA)
Motor de Combustão - Sistema de partida - Energia de partida (bateria, ar)	2.1.1	Motor de Combustão - Sistema de partida - Energia de partida (bateria, ar) - Vazamento Externo (Utilitários)	2.1.1.1	1	1	3	35	ELU
Motor de Combustão - Sistema de partida - Unidade de partida	2.1.2	Motor de Combustão - Sistema de partida - Unidade de partida - Deficiência Estrutural	2.1.2.1	2	2			STD
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Entrada de ar	2.2.1	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Entrada de ar - Desvio dos Parâmetros	2.2.1.1	2	2	23		PDE
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Sistema de ignição	2.2.2	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Sistema de ignição - Falha na Partida	2.2.2.1	10	10			FTS
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Exaustor	2.2.7	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Exaustor - Superaquecimento	2.2.7.2	2	2			OHE
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Tubulações	2.2.14	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Tubulações - Deficiência Estrutural	2.2.14.2	2	2			STD
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Válvulas	2.2.15	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Válvulas - Vazamento Externo (Utilitários)	2.2.15.3	1	7			ELU
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Válvulas	2.2.15	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Válvulas - Desvio de Parâmetros	2.2.15.5	6				PDE
Motor de Combustão - Controle e monitoração - Sensores	2.3.5	Motor de Combustão - Controle e monitoração - Sensores - Desvio dos Parâmetros	2.3.5.2	1	1	2		PDE
Motor de Combustão - Controle e monitoração - Fiação	2.3.7	Motor de Combustão - Controle e monitoração - Fiação - Deficiência Estrutural	2.3.7.1	1	1			STD
Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Válvulas	2.4.6	Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Válvulas - Deficiência Estrutural	2.4.6.6	1	1	7	STD	
Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Óleo	2.4.8	Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Óleo - Desvio dos Parâmetros	2.4.8.1	6	6		PDE	

Tabela A.15 - Quantidade de eventos de falha do compressor C

Árvore (equipamento - sistema - subsistema)	Taxonomia	Falha (equipamento - sistema - subsistema - falha)	Taxonomia da Falha	Qt. de Eventos	Nível i,j,k	Nível i,j	Nível i	Classificação (OREDA)	
Compressor - Unidade compressora - Válvulas	1.2.9	Compressor - Unidade compressora - Válvulas - Desvio de Parâmetros	1.2.9.6	3	3	5		PDE	
Compressor - Unidade compressora - Camisa do cilindro	1.2.12	Compressor - Unidade compressora - Camisa do cilindro - Vazamento Interno	1.2.12.2	1	1			INL	
Compressor - Unidade compressora - Engaxetamento	1.2.13	Compressor - Unidade compressora - Engaxetamento - Vazamento Externo (Utilitários)	1.2.13.1	1	1			ELU	
Compressor - Controle e monitoração - Monitoração	1.3.5	Compressor - Controle e monitoração - Monitoração - Leitura Anormal de Instrumentos	1.3.5.1	1	1	73	135	AIR	
Compressor - Controle e monitoração - Sensores	1.3.6	Compressor - Controle e monitoração - Sensores - Desvio dos Parâmetros	1.3.6.2	40	48			PDE	
Compressor - Controle e monitoração - Sensores	1.3.6	Compressor - Controle e monitoração - Sensores - Deficiência Estrutural	1.3.6.3	8				STD	
Compressor - Controle e monitoração - Válvulas	1.3.7	Compressor - Controle e monitoração - Válvulas - Desvio de Parâmetros	1.3.7.5	9	11			PDE	
Compressor - Controle e monitoração - Válvulas	1.3.7	Compressor - Controle e monitoração - Válvulas - Deficiência Estrutural	1.3.7.6	2				STD	
Compressor - Controle e monitoração - Fiação	1.3.8	Compressor - Controle e monitoração - Fiação - Deficiência Estrutural	1.3.8.1	3	3			STD	
Compressor - Controle e monitoração - Tubulações	1.3.9	Compressor - Controle e monitoração - Tubulações - Vazamento Externo (Processo)	1.3.9.1	10	10			ELP	
Compressor - Sistema de lubrificação - Motor	1.4.3	Compressor - Sistema de lubrificação - Motor - Deficiência Estrutural	1.4.3.5	2	2			20	STD
Compressor - Sistema de lubrificação - Resfriadores	1.4.5	Compressor - Sistema de lubrificação - Resfriadores - Vazamento Externo (Utilitários)	1.4.5.1	2	4				ELU
Compressor - Sistema de lubrificação - Resfriadores	1.4.5	Compressor - Sistema de lubrificação - Resfriadores - Deficiência Estrutural	1.4.5.5	2					STD
Compressor - Sistema de lubrificação - Filtros	1.4.6	Compressor - Sistema de lubrificação - Filtros - Desvio dos Parâmetros	1.4.6.1	4	4	PDE			
Compressor - Sistema de lubrificação - Tubulações	1.4.7	Compressor - Sistema de lubrificação - Tubulações - Vazamento Externo (Utilitários)	1.4.7.1	4	4	ELU			
Compressor - Sistema de lubrificação - Válvulas	1.4.8	Compressor - Sistema de lubrificação - Válvulas - Vazamento Externo (Utilitários)	1.4.8.3	1	1	ELU			
Compressor - Sistema de lubrificação - Óleo lubrificante	1.4.9	Compressor - Sistema de lubrificação - Óleo lubrificante - Desvio dos Parâmetros	1.4.9.1	5	5	PDE			
Compressor - Sistema de selagem do eixo - Filtros	1.5.6	Compressor - Sistema de selagem do eixo - Filtros - Desvio dos Parâmetros	1.5.6.1	3	3	3	PDE		
Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles	1.6.2	Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles - Vazamento Externo (Utilitários)	1.6.2.1	3	9		ELU		
Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles	1.6.2	Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles - Deficiência Estrutural	1.6.2.2	6			STD		
Compressor - Miscelânea - Válvulas de controle	1.6.3	Compressor - Miscelânea - Válvulas de controle - Desvio de Parâmetros	1.6.3.6	3	4	34	PDE		
Compressor - Miscelânea - Válvulas de controle	1.6.3	Compressor - Miscelânea - Válvulas de controle - Deficiência Estrutural	1.6.3.7	1			STD		
Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento	1.6.4	Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento - Vazamento Externo (Utilitários)	1.6.4.3	1	7		ELU		
Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento	1.6.4	Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento - Desvio de Parâmetros	1.6.4.5	3			PDE		

continuação

Árvore (equipamento - sistema - subsistema)	Taxonomia	Falha (equipamento - sistema - subsistema - falha)	Taxonomia da Falha	Qnt. de Eventos	Nível i,j,k	Nível i,j	Nível i	Classificação (OREDA)
Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento	1.6.4	Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento - Deficiência Estrutural	1.6.4.6	3				STD
Compressor - Miscelânea - Resfriadores	1.6.6	Compressor - Miscelânea - Resfriadores - Desvio dos Parâmetros	1.6.6.3	5	10			PDE
Compressor - Miscelânea - Resfriadores	1.6.6	Compressor - Miscelânea - Resfriadores - Deficiência Estrutural	1.6.6.4	5				STD
Compressor - Miscelânea - Silenciadores	1.6.7	Compressor - Miscelânea - Silenciadores - Avaria	1.6.7.1	1	1			BRD
Compressor - Miscelânea - Ar de purga	1.6.8	Compressor - Miscelânea - Ar de purga - Vazamento Externo (Utilitários)	1.6.8.1	3	3			ELU

Tabela A.16 - Quantidade de eventos de falha do motor a gás C

Árvore (equipamento - sistema - subsistema)	Taxonomia	Falha (equipamento - sistema - subsistema - falha)	Taxonomia da Falha	Qty. de Eventos	Nível i,j,k	Nível i,j	Nível i	Classificação (OREDA)
Motor de Combustão - Sistema de partida - Unidade de partida	2.1.2	Motor de Combustão - Sistema de partida - Unidade de partida - Deficiência Estrutural	2.1.2.1	2	2	2	47	STD
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Entrada de ar	2.2.1	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Entrada de ar - Desvio dos Parâmetros	2.2.1.1	2	4	29		PDE
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Entrada de ar	2.2.1	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Entrada de ar - Vazamento Externo (Utilitários)	2.2.1.2	2				ELU
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Sistema de ignição	2.2.2	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Sistema de ignição - Falha na Partida	2.2.2.1	11	11			FTS
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Injetores	2.2.5	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Injetores - Deficiência Estrutural	2.2.5.2	1	1			STD
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Exaustor	2.2.7	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Exaustor - Superaquecimento	2.2.7.2	1	1			OHE
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Selos	2.2.13	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Selos - Deficiência Estrutural	2.2.13.4	1	1			STD
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Válvulas	2.2.15	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Válvulas - Vazamento Externo (Utilitários)	2.2.15.3	2	11			ELU
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Válvulas	2.2.15	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Válvulas - Desvio de Parâmetros	2.2.15.5	8				PDE
Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Válvulas	2.2.15	Motor de Combustão - Unidade de motor de combustão - Válvulas - Deficiência Estrutural	2.2.15.6	1				STD
Motor de Combustão - Controle e monitoração - Sensores	2.3.5	Motor de Combustão - Controle e monitoração - Sensores - Desvio dos Parâmetros	2.3.5.2	2	2		4	PDE
Motor de Combustão - Controle e monitoração - Fiação	2.3.7	Motor de Combustão - Controle e monitoração - Fiação - Deficiência Estrutural	2.3.7.1	2	2	STD		
Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Reservatório	2.4.1	Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Reservatório - Vazamento Externo (Utilitários)	2.4.1.1	1	1	11	ELU	
Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Bomba	2.4.2	Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Bomba - Vazamento Externo (Utilitários)	2.4.2.2	2	2		ELU	
Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Válvulas	2.4.6	Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Válvulas - Vazamento Externo (Utilitários)	2.4.6.3	1	1		ELU	
Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Óleo	2.4.8	Motor de Combustão - Sistema de lubrificação - Óleo - Desvio dos Parâmetros	2.4.8.1	7	7		PDE	
Motor de Combustão - Miscelânea - Juntas do flange	2.6.2	Motor de Combustão - Miscelânea - Juntas do flange - Vazamento Externo (Utilitários)	2.6.2.1	1	1	1	ELU	

Tabela A.17 - Falhas identificadas nos relatórios de inspeção

Data	Equipamento	Falha (equipamento - sistema - subsistema)	Taxonomia da falha	Quantidade		
10/12/2011	A	Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles	1.6.2	5		
15/12/2011		Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles	1.6.2			
20/12/2011		Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles	1.6.2			
10/03/2012		Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles	1.6.2			
20/03/2012		Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles	1.6.2			
07/11/2011	B	Compressor - Controle e monitoração - Sensores	1.3.6	16		
07/11/2011		Compressor - Controle e monitoração - Sensores	1.3.6			
07/11/2011		Compressor - Controle e monitoração - Tubulações	1.3.9			
07/11/2011		Compressor - Sistema de lubrificação - Válvulas	1.4.8			
07/11/2011		Compressor - Sistema de lubrificação - Tubulações	1.4.7			
05/12/2011		Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles	1.6.2			
15/12/2011		Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles	1.6.2			
15/12/2011		Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento	1.6.4			
15/12/2011		Compressor - Miscelânea - Resfriadores	1.6.6			
15/03/2012		Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles	1.6.2			
10/05/2012		Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles	1.6.2			
20/05/2012		Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles	1.6.2			
15/06/2012		Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles	1.6.2			
09/05/2013		Compressor - Unidade compressora - Válvulas	1.2.9			
09/05/2013		Compressor - Controle e monitoração - Sensores	1.3.6			
09/05/2013		Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles	1.6.2			
17/11/2011		C	Compressor - Controle e monitoração - Sensores		1.3.6	21
17/11/2011			Compressor - Controle e monitoração - Sensores		1.3.6	
17/11/2011			Compressor - Controle e monitoração - Tubulações		1.3.9	
17/11/2011			Compressor - Sistema de lubrificação - Válvulas		1.4.8	
05/12/2011	Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles		1.6.2			
15/12/2011	Compressor - Sistema de lubrificação - Tubulações		1.4.7			
15/12/2011	Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles		1.6.2			
15/12/2011	Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento		1.6.4			
15/12/2011	Compressor - Miscelânea - Resfriadores		1.6.6			
02/03/2012	Compressor - Controle e monitoração - Sensores		1.3.6			
02/03/2012	Compressor - Controle e monitoração - Sensores		1.3.6			
02/03/2012	Compressor - Controle e monitoração - Sensores		1.3.6			
02/03/2012	Compressor - Controle e monitoração - Tubulações		1.3.9			
05/04/2012	Compressor - Sistema de lubrificação - Válvulas		1.4.8			
15/03/2012	Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles		1.6.2			
05/04/2012	Compressor - Sistema de lubrificação - Tubulações		1.4.7			
05/04/2012	Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles		1.6.2			
05/04/2012	Compressor - Miscelânea - Válvulas de isolamento		1.6.4			
05/04/2012	Compressor - Miscelânea - Resfriadores		1.6.6			
15/01/2013	Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles		1.6.2			
15/02/2013	Compressor - Miscelânea - Tubulações, suporte de tubulações e foles		1.6.2			

Tabela A.18 - Causa dos alarmes, intertravamentos e desarmes no moto-compressor A

Data do evento	Motivo do alarme	Motivo do intertravamento	Motivo do desarme	Taxonomia	Codificação*	Shutdown	Falsa indicação
05/02/2011			Vazamento de óleo lubrificante através dos flanges de fixação da PSV-1231605	1.3.9	A11	X	
11/02/2011			Vazamento no flange de 2" fixado ao compressor da linha de sucção de óleo	1.4.7	A11	X	
03/05/2011			Manutenção preventiva no M-C-1231001A de 2000 h	2			
15/07/2011			Falha no ZAH-1231602 (Sensor de queda de haste Rod Drop carcaça cil. B do C-1231001A)	1.3.6	A13	X	
20/07/2011			Reparo na linha lubrificação	1.6.6	A0	X	
29/07/2011			Substituição das garrafas de nitrogênio	1.6.2	A16		
30/07/2011	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
31/07/2011	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
01/08/2011	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
02/08/2011	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
02/08/2011			Máquina parou sem motivo aparente		A6		
03/08/2011	Alarme do PIT-1231601A (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
03/08/2011	Alarme do ZE-1231601, ZE-1231602 e ZE-1231603 (transmissor de Rod Drop Cilindro A, Cilindro C e Cilindro B alarmando)			1.2.11	B4		
04/08/2011	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
04/08/2011	Alarme do ZE-1231601 e ZE-1231602 (transmissor de Rod Drop Cil. A e C alarmando)			1.2.11	B4		
06/08/2011	Alarme do PIT-1231601A (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B7		
06/08/2011		Intertravamento do PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)		1.6.2	C7	X	
06/08/2011	Alarme do ZE-1231602 (transmissor de Rod Drop Cilindro C alarmando)			1.2.11	B4		
07/08/2011	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B7		
07/08/2011	Alarme do ZE-1231602 (transmissor de Rod Drop Cilindro C alarmando)			1.2.11	B4		
08/08/2011		Intertravamento do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)		1.6.2	C7		
08/08/2011	Alarme do ZE-1231602 (transmissor de Rod Drop Cilindro C)			1.2.11	B4		
09/08/2011	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B7		
09/08/2011	Alarme do ZE-1231601 e ZE-1231602 (transmissor de Rod Drop Cilindro A, Cilindro C)			1.2.11	B4		
10/08/2011		Intertravamento do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)		1.6.2	C7		
15/10/2014	Alarme do PDIT-1231633 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
15/10/2014	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
30/10/2014		Intertravamento do TIT-1231609A (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)		1.2.9	C9		X
02/11/2014	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
04/11/2014	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
05/11/2014			Filtro chapéu de bruxa obstruído	1.6.2	A15	X	
06/11/2014	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
07/11/2014	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
07/11/2014	Alarme do PDIT-1231633 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
07/11/2014	Alarme do PIT-1231621 (transmissor de pressão entrada air cooler alarmando)			1.6.6	B8		
10/11/2014	Alarme do PDIT-1231633 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
10/11/2014	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
11/11/2014	Alarme do PIT-1231635A e PIT-1231635B (transmissor de pressão entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
12/11/2014	Alarme do PDIT-1231633 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
13/11/2014		Intertravamento do TIT-1231609A (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)		1.2.9	C9	X	X

continuação

Data do evento	Motivo do alarme	Motivo do intertravamento	Motivo do desarme	Taxonomia	Codificação*	Shutdown	Falsa indicação
13/11/2014		Intertravamento do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)		1.6.2	C7		
16/11/2014	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
19/11/2014	Alarme do PDIT-1231633 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
19/11/2014	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
26/11/2014	Alarme do AIT-1231601 (analisador de oxigênio alarmando)			1.2.13	B4		
27/11/2014	Alarme do AIT-1231601 (analisador de oxigênio alarmando)			1.2.13	B4		
02/12/2014	Alarme do PDIT-1231633 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
02/12/2014	Alarme do PIT-1231636 (transmissor de pressão entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
02/12/2014	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
14/12/2014	Alarme do AIT-1231601 (analisador de oxigênio alarmando)			1.2.13	B4		
14/12/2014	Alarme do PIT-1231652 (transmissor de pressão entrada de gás alarmando)			1.2.13	B8		
14/12/2014	Alarme do PDIT-1231633 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
14/12/2014	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
15/12/2014	Alarme do PIT-1231636 (transmissor de pressão entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
15/12/2014	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
16/12/2014	Alarme do PDIT-1231633 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
16/12/2014	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
17/12/2014	Alarme do AIT-1231601 (analisador de oxigênio alarmando)			1.2.13	B4		
17/12/2014	Alarme do PIT-1231636 (transmissor de pressão entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
17/12/2014	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
18/12/2014			Máquina parou sem motivo aparente		A6		
18/12/2014	Alarme do AIT-1231601 (analisador de oxigênio alarmando)			1.2.13	B4		
18/12/2014	Alarme do PIT-1231652 (transmissor de pressão entrada de gás alarmando)			1.2.13	B8		
18/12/2014	Alarme do PDIT-1231633 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
18/12/2014	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
19/12/2014	Alarme do AIT-1231601 (analisador de oxigênio alarmando)			1.2.13	B4		
19/12/2014	Alarme do PIT-1231652 (transmissor de pressão entrada de gás alarmando)			1.2.13	B8		
19/12/2014	Alarme do PIT-1231635A e PIT-1231635B (transmissor de pressão entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
19/12/2014	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
22/12/2014			Falha no ZE-1231604 (Transmissor de Rod Drop Cilindro D)	1.3.6	A13	X	
22/12/2014	Alarme do PIT-1231635B (transmissor de pressão entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
22/12/2014	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
30/12/2014	Alarme do PIT-1231636 (transmissor de pressão entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
30/12/2014	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
31/12/2014			Máquina parou sem motivo aparente		A6		
05/01/2015	Alarme do ZE-1231603 (transmissor de Rod Drop cilindro B alarmando)			1.2.11	B4		
05/01/2015	Alarme do AIT-1231601 (analisador de oxigênio alarmando)			1.2.13	B4		
06/01/2015	Alarme do AIT-1231601 (analisador de oxigênio alarmando)			1.2.13	B4		
06/01/2015	Alarme do PDIT-1231633 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		

continuação

Data do evento	Motivo do alarme	Motivo do intertravamento	Motivo do desarme	Taxonomia	Codificação*	Shutdown	Falsa indicação
06/01/2015	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
07/01/2015		Intertravamento do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)		1.6.2	C7		
11/01/2015	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
14/01/2015	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
14/01/2015	Alarme do PIT-1231681 (transmissor de pressão entrada de ar de partida do motor)			2.1.2	B8		
16/01/2015	Alarme do PIT-1231652 (transmissor de pressão entrada de gás alarmando)			1.2.13	B8		
16/01/2015	Alarme do PIT-1231671 (transmissor de pressão entrada garrafa de backup N2 alarmando)			1.2.13	B8		
16/01/2015	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
17/01/2015	Alarme do PIT-1231671 (transmissor de pressão entrada garrafa de backup N2 alarmando)			1.2.13	B8		
25/01/2015	TIT-1231606 indicando valor muito maior que no supervisor			1.2.9	B4		X
29/01/2015	Alarme do PIT-1231652 (transmissor de pressão entrada de gás alarmando)			1.2.13	B8		
29/01/2015	Alarme do PIT-1231635B (transmissor de pressão entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
29/01/2015	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
30/01/2015	Alarme do PIT-1231652 (transmissor de pressão entrada de gás alarmando)			1.2.13	B8		
30/01/2015	Alarme do AIT-1231601 (analisador de oxigênio alarmando)			1.2.13	B4		
30/01/2015			Máquina parou sem motivo aparente		A6		
01/01/2015	Alarme do PIT-1231671 (transmissor de pressão entrada garrafa de backup N2 alarmando)			1.2.13	B8		
02/02/2015	Alarme do AIT-1231601 (analisador de oxigênio alarmando)			1.2.13	B4		
02/02/2015		Intertravamento do TIT-1231607A e TIT-1231607B (transmissor de temperatura garrafa de descarga cilindro C alarmando)		1.2.9	C9		
02/02/2015	Alarme do ZE-1231602 (transmissor de Rod Drop cilindro C alarmando)			1.2.11	B4		
27/03/2016	Alarme do AIT-1231601 (analisador de oxigênio alarmando)			1.2.13	B4		
27/03/2016	Alarme do PIT-1231671 (transmissor de pressão entrada garrafa de backup N2 alarmando)			1.2.13	B8		
30/03/2016			Falha no ZE-1231604 (Transmissor de Rod Drop Cilindro D)	1.3.6	A13	X	
30/03/2016	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
30/03/2016	Alarme do PIT-1231636 (transmissor de pressão entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
01/04/2016	Alarme do PIT-1231652 (transmissor de pressão entrada de gás alarmando)			1.2.13	B8		
01/04/2016	Alarme do PDIT-1231633 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
01/04/2016	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
03/04/2016	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B7		
11/04/2016	Alarme do AIT-1231601 (analisador de oxigênio alarmando)			1.2.13	B4		
15/04/2016		Intertravamento do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)		1.6.2	C7		
15/04/2016	Alarme do PIT-1231635A e PIT-1231635B (transmissor de pressão entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
19/04/2016		Intertravamento do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)		1.6.2	C7		
19/04/2016	Alarme do PIT-1231671 (transmissor de pressão entrada garrafa de backup N2 alarmando)			1.2.13	B8		
20/04/2016	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B7		
20/04/2016	Alarme do PDIT-1231633 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
20/04/2016	Alarme do PIT-1231671 (transmissor de pressão entrada garrafa de backup N2 alarmando)			1.2.13	B8		
21/04/2016	Alarme do AIT-1231601 (analisador de oxigênio alarmando)			1.2.13	B4		
22/04/2016	Alarme do AIT-1231601 (analisador de oxigênio alarmando)			1.2.13	B4		

continuação

Data do evento	Motivo do alarme	Motivo do intertravamento	Motivo do desarme	Taxonomia	Codificação*	Shutdown	Falsa indicação
23/04/2016	Alarme do AIT-1231601 (analisador de oxigênio alarmando)			1.2.13	B4		
24/04/2016	TIT-1231607A indicando valor muito maior que no supervisor			1.2.9	B4		X
25/04/2016	TIT-1231607A indicando valor muito maior que no supervisor			1.2.9	B4		X
12/05/2016	Alarme do PIT-1231671 (transmissor de pressão entrada garrafa de backup N2 alarmando)			1.2.13	B8		
15/05/2016		Intertravamento do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)		1.6.2	C7		
17/05/2016	TIT-1231607A indicando valor muito maior que no supervisor			1.3.6	B4		X
17/05/2016	Alarme do PIT-1231636 (transmissor de pressão entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
17/05/2016		Intertravamento do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)		1.6.2	C7		
23/05/2016	Alarme do PDIT-1231633 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
23/05/2016	Alarme do PIT-1231636 (transmissor de pressão entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
23/05/2016	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
24/05/2016			Máquina parou sem motivo aparente		A6		
24/05/2016	Alarme do PIT-1231621 (transmissor de pressão entrada air cooler alarmando)			1.6.6	B8		
25/05/2016	Alarme do PIT-1231671 (transmissor de pressão entrada garrafa de backup N2 alarmando)			1.2.13	B8		
25/05/2016	Alarme do PDIT-1231633 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
25/05/2016	Alarme do PIT-1231635A (transmissor de pressão entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
25/05/2016	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
25/05/2016	Alarme do PIT-1231621 (transmissor de pressão entrada air cooler alarmando)			1.6.6	B8		
27/05/2016	Alarme do PIT-1231635A (transmissor de pressão entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
27/05/2016	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
28/05/2016			Manutenção do pemutador P-C-1231001A-02A	1.4.5	A0		
28/05/2016	Alarme do PIT-1231621 (transmissor de pressão entrada air cooler alarmando)			1.6.6	B8		
03/06/2016	Alarme do PIT-1231621 (transmissor de pressão entrada air cooler alarmando)			1.6.6	B8		
04/06/2016	Alarme do PIT-1231621 (transmissor de pressão entrada air cooler alarmando)			1.6.6	B8		
06/06/2016	Alarme do PIT-1231635A (transmissor de pressão entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
06/06/2016	Alarme do PIT-1231621 (transmissor de pressão entrada air cooler alarmando)			1.6.6	B8		
06/06/2016	Alarme do PIT-1231636 (transmissor de pressão entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
07/06/2016	Alarme do PIT-1231621 (transmissor de pressão entrada air cooler alarmando)			1.6.6	B8		
08/06/2016	Alarme do PIT-1231621 (transmissor de pressão entrada air cooler alarmando)			1.6.6	B8		
13/06/2016	AIT-1231601 indicando valor muito maior que no supervisor			1.2.13	B4		X
19/06/2016	Alarme do PIT-1231635A (transmissor de pressão entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
19/06/2016	Alarme do PIT-1231636 (transmissor de pressão entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
20/06/2016	Alarme do PDIT-1231633 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
20/06/2016	Alarme do PIT-1231635A e PIT-1231635B (transmissor de pressão entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
20/06/2016	Alarme do PIT-1231636 (transmissor de pressão entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
20/06/2016	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
07/07/2016			Vibração anormal do M-P-C-1231001A-02B	1.6.4	A12	X	
07/07/2016	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
19/08/2016	Alarme do PIT-1231671 (transmissor de pressão entrada garrafa de backup N2 alarmando)			1.2.13	B8		

continuação

Data do evento	Motivo do alarme	Motivo do intertravamento	Motivo do desarme	Taxonomia	Codificação*	Shutdown	Falsa indicação
22/08/2016	Alarme do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
30/08/2016		Intertravamento do PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)		1.6.2	C7		
30/08/2016	Alarme do PIT-1231635A e PIT-1231635B (transmissor de pressão entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
30/08/2016	Alarme do PIT-1231636 (transmissor de pressão entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
30/08/2016	Alarme do PIT-1231601A (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B8		
09/09/2016		Intertravamento do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)		1.6.2	C7		
10/09/2016		Intertravamento do PIT-1231601A e PIT-1231601B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)		1.6.2	C7		
14/09/2016	Alarme do PIT-1231671 (transmissor de pressão entrada garrafa de backup N2 alarmando)			1.2.13	B8		
15/09/2016	Alarme do PIT-1231652 (transmissor de pressão entrada de gás alarmando)			1.2.13	B8		
15/09/2016	Alarme do AIT-1231601 (analisador de oxigênio alarmando)			1.2.13	B4		

*Legenda

Evento	Sintoma	Avaria	Baixa eficiência	Detonação	Falha	Indicação alta	Nível baixo	Parada sem motivo	Pressão alta	Pressão baixa	Temperatura alta	Travamento	Vazamento	Vibração alta	Calibração	Inspecção	Limpeza	Troca
	Desarme	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16
Alarme	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	
Intertravamento	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	

Tabela A.19 - Causa dos alarmes, intertravamentos e desarmes no moto-compressor B

Data do evento	Motivo do alarme	Motivo do intertravamento	Motivo do desarme	Taxonomia	Codificação*	Shutdown	Falsa indicação
15/07/2011			Bomba B-C-1231001B-02B encontra-se com baixa eficiência	1.6.6	A1		
25/08/2011			Nível de óleo do motor M-C-1231001B está abaixo do normal especificado pelo fabricante	2.4.8	A5		
29/08/2011	TIT-1231616B indicando valor muito maior que no supervisorio			1.2.9	B4		X
27/09/2011	ZE-1231605 pois o mesmo está em falha no supervisorio			1.2.11	B3		X
16/10/2011			Substituição do painel PN-C-C-1231001B de alimentação do motor do compressor de ar B	2.3.3	A16		
05/12/2011	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
23/12/2011	Alarme do PIT-1231607A e PIT-1231607B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B7		
23/12/2011	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
26/12/2011		Intertravamento do PIT-1231607A e PIT-1231607B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)		1.6.2	C7		
04/01/2012	Alarme do PIT-1231654 (transmissor de pressão de entrada de gás alarmando)			1.2.13	B8		
04/01/2012	Alarme do PIT-1231625 (transmissor de pressão de entrada air cooler alarmando)			1.6.6	B8		
04/01/2012	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
24/01/2012	Alarme do PIT-1231607A (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)			1.6.2	B7		
24/01/2012	Alarme do PIT-1231642B (transmissor de pressão de entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
26/01/2012		Intertravamento do PIT-1231607A e PIT-1231607B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)		1.6.2	C7		
03/02/2012		Intertravamento do PIT-1231607A e PIT-1231607B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)		1.6.2	C7		
14/02/2012			Vazamento nas linhas de N2	1.6.2	A11	X	
28/03/2012	Alarme do PIT-1231625 (transmissor de pressão de entrada air cooler alarmando)			1.6.6	B8		
25/04/2012			Substituição de rolamentos devido à vibração elevada	1.4.3	A12	X	
29/04/2012		Intertravamento do PIT-1231607A e PIT-1231607B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)		1.6.2	C7		
03/05/2012		Intertravamento do TIT-1231624A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro D)		1.2.9	C9		
05/05/2012		Intertravamento do TIT-1231624A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro D)		1.2.9	C9		
11/05/2012		Intertravamento do TIT-1231624A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro D)		1.2.9	C9		
14/05/2012		Intertravamento do TIT-1231616A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro A)		1.2.9	C9		
15/05/2012		Intertravamento do TIT-1231616A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro A)		1.2.9	C9		
23/05/2012		Intertravamento do TIT-1231624A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro D)		1.2.9	C9	X	
28/05/2012		Intertravamento do TIT-1231624A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro D)		1.2.9	C9		X
29/05/2012		Intertravamento do TIT-1231624A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro D)		1.2.9	C9		X
30/05/2012		Intertravamento do TIT-1231624A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro D)		1.2.9	C9		X
30/05/2012		Intertravamento do TIT-1231619A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro C)		1.2.9	C9		X
31/05/2012		Intertravamento do TIT-1231624A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro D)		1.2.9	C9		X
31/05/2012		Intertravamento do TIT-1231619A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro C)		1.2.9	C9		X
01/06/2012		Intertravamento do TIT-1231624A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro D)		1.2.9	C9		X
01/06/2012		Intertravamento do TIT-1231619A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro C)		1.2.9	C9		X
02/06/2012		Intertravamento do TIT-1231624A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro D)		1.2.9	C9		X
02/06/2012		Intertravamento do TIT-1231619A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro C)		1.2.9	C9		X
03/06/2012		Intertravamento do TIT-1231624A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro D)		1.2.9	C9		X
03/06/2012		Intertravamento do TIT-1231619A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro C)		1.2.9	C9		X
03/06/2012		Intertravamento do PIT-1231607A e PIT-1231607B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)		1.6.2	C7		

continuação

Data do evento	Motivo do alarme	Motivo do intertravamento	Motivo do desarme	Taxonomia	Codificação*	Shutdown	Falsa indicação
04/06/2012		Intertravamento do TIT-1231624A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro D)		1.2.9	C9		X
05/06/2012		Intertravamento do TIT-1231624A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro D)		1.2.9	C9		X
06/06/2012		Intertravamento do TIT-1231624A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro D)		1.2.9	C9		X
07/06/2012		Intertravamento do TIT-1231624A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro D)		1.2.9	C9		X
08/06/2012		Intertravamento do TIT-1231624A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro D)		1.2.9	C9		X
13/06/2012	Alarme do PIT-1231654 (transmissor de pressão de entrada de gás alarmando)			1.2.13	B8		
13/06/2012	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
14/06/2012		Intertravamento do TIT-1231624A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro D)		1.2.9	C9		X
21/06/2012	Alarme do PIT-1231654 (transmissor de pressão de entrada de gás alarmando)			1.2.13	B8		
21/06/2012	Alarme do PIT-1231625 (transmissor de pressão de entrada air cooler alarmando)			1.6.6	B8		
06/07/2012		Intertravamento do TIT-1231619B (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro C)		1.2.9	C9		X
07/07/2012		Intertravamento do TIT-1231619B (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro C)		1.2.9	C9		X
11/07/2012	Alarme do PIT-1231654 (transmissor de pressão de entrada de gás alarmando)			1.2.13	B8		
11/07/2012	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
19/07/2012			O mangote da tubulação do sistema de admissão de ar está avariado no M-C-1231001B	2.2.14	A0		
10/08/2012	Alarme do PIT-1231654 (transmissor de pressão de entrada de gás alarmando)			1.2.13	B8		
10/08/2012	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
31/08/2012	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
05/09/2012	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
13/09/2012		Falha no sensor de temperatura da turbina dos gases de combustão		2.3.5	C3		
20/09/2012			Máquina parou sem motivo aparente		A6		
08/10/2012		Intertravamento do TIT-1231619A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro C)		1.2.9	C9		
16/10/2012			Máquina parou sem motivo aparente		A6		
23/10/2012			Máquina parou sem motivo aparente		A6		
30/10/2012		Intertravamento do TIT-1231619A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro C)		1.2.9	C9		
31/10/2012		Intertravamento do TIT-1231619A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro C)		1.2.9	C9		
01/11/2012			Falha de queima do cilindro 01 do M-C-1231001B	2.2.2	A3		
22/11/2012		Intertravamento do TIT-1231619A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro C) devido à falha na comutação de carga		2.2.2	C3		
23/11/2012		Intertravamento do TIT-1231619A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro C) devido à falha na comutação de carga		2.2.2	C3		
24/11/2012			Manutenção preventiva no M-C-1231001B de 8000 h	2			
27/11/2012		Intertravamento do PIT-1231607A e PIT-1231607B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)		1.6.2	C7		
28/11/2012		Intertravamento do PIT-1231607A e PIT-1231607B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)		1.6.2	C7		
29/11/2012			Retirada da garrafa de sucção V-C-1231001B-01A do compressor C-1231001B	1.6.2	A16		
06/12/2012			Retirada das garrafas de descarga do compressor de venda B	1.6.2	A16		
03/06/2013			Retirada da válvula XV-1231103 dando passagem	1.6.3	A16		
20/06/2013	Alarme do PIT-1231654 (transmissor de pressão de entrada de gás alarmando)			1.2.13	B8		
20/06/2013	Alarme do PIT-1231675 (transmissor de pressão de entrada de garrafa de backup N2 alarmando)			1.2.13	B8		
20/06/2013	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
21/06/2013	Alarme do PIT-1231675 (transmissor de pressão de entrada de garrafa de backup N2 alarmando)			1.2.13	B8		
21/06/2013	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		

continuação

Data do evento	Motivo do alarme	Motivo do intertravamento	Motivo do desarme	Taxonomia	Codificação*	Shutdown	Falsa indicação
03/07/2013	PCV do gás combustível do M-C-1231001B, a mesma está apresentando falha de controle durante a partida da máquina			2.2.15	B3		
04/07/2013			Retirada da PCV-1231620 localizada no motor do compressor C-1231001B	1.6.3	A16		
22/07/2013			Máquina parou sem motivo aparente		A6		
31/07/2013			Máquina parou sem motivo aparente		A6		
06/08/2013			Máquina parou sem motivo aparente		A6		
19/08/2013			Máquina parou sem motivo aparente		A6		
23/08/2013			Máquina parou sem motivo aparente		A6		
30/08/2013		Intertravamento do PIT-1231607A e PIT-1231607B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)		1.6.2	C7		
02/09/2013			Acoplamento danificado do M-C-1231001B	1.1.3	A0		
06/09/2013	Travamento da valvula de retenção de descarga da bomba B-C-1231001B-02B			1.6.6	B10		
12/09/2013		Intertravamento do PIT-1231607A e PIT-1231607B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)		1.6.2	C7		
12/09/2013			Manutenção preventiva no M-C-1231001B de 1000 h	2			
23/09/2013			Limpeza do skid do motor e do compressor C-1231001B	2.6.1	A15		
08/10/2013	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
08/10/2013			Máquina parou sem motivo aparente		A6		
22/10/2013			Máquina parou sem motivo aparente		A6		
05/11/2013		Intertravamento do TIT-1231619A e TIT-1231619B (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro C)		1.2.9	C9		
07/11/2013		Intertravamento do TIT-1231619A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga do cilindro C)		1.2.9	C9		
12/11/2013		Intertravamento do PIT-1231607A e PIT-1231607B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo alarmando)		1.6.2	C9		
12/11/2013			Manutenção preventiva no M-C-1231001B de 1000 h	2			
29/11/2013	Alarme do PIT-1231654 (transmissor de pressão de entrada de gás alarmando)			1.2.13	B8		
29/11/2013	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
13/12/2013			Acoplamento danificado do M-C-1231001B	1.1.3	A0		
18/12/2013	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
18/12/2013	Alarme do PIT-1231642B (transmissor de pressão de entrada de óleo na carcaça alterada)			1.4.9	B8		
20/12/2013	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
25/12/2013	Alarme do PIT-1231654 (transmissor de pressão de entrada de gás alarmando)			1.2.13	B8		
25/12/2013	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
26/12/2013			Máquina parou sem motivo aparente		A6		
01/01/2014			Calibração de instrumentos PI-1231644, PI-1231624, PI-1231656, PI-1231663	1.3.6	A13		
14/01/2014	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
15/01/2014	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
15/01/2014	Alarme do PIT-1231643 (transmissor de pressão de entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
16/01/2014	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
12/02/2014	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
12/02/2014	Alarme do PIT-1231643 (transmissor de pressão de entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
18/02/2014	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
18/02/2014	Alarme do PIT-1231643 (transmissor de pressão de entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
04/03/2014	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
06/03/2014	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		

continuação

Data do evento	Motivo do alarme	Motivo do intertravamento	Motivo do desarme	Taxonomia	Codificação*	Shutdown	Falsa indicação
08/03/2014	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
09/03/2014	Alarme do PIT-1231642A e PIT-1231642B (transmissor de pressão de entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
12/03/2014			Alarme seguido de shutdown referente a temperatura alta no ar de entrada do motor, devido a sujeira no filtro de ar	2.2.1	A9	X	
17/03/2014	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
18/03/2014	Alarme do PIT-1231625 (transmissor de pressão de entrada air cooler alarmando)			1.6.6	B8		
21/03/2014			Limpeza do skid do compressor C-1231001B	2.6.1	A15		
26/03/2014			Substituição da bateria do PN-C-1231001B vencida	2.1.1	A16		
02/04/2014	Vazamento no manifold de N2 da PCV-1231609			1.6.3	B11		
03/04/2014	Mangote furado do C-C-1231001B			2.1.2	B0		
08/04/2014	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
08/04/2014	Alarme do PIT-1231643 (transmissor de pressão de entrada de óleo na carcaça alarmando)			1.4.9	B8		
09/04/2014	Alarme do PIT-1231686B (transmissor de pressão de entrada de ar de partida do motor alarmando)			2.1.2	B8		
22/04/2014	Alarme do PDIT-1231640 (pressão diferencial no filtro de óleo alterada)			1.4.6	B7		
05/05/2014			Máquina parou sem motivo aparente.		A6		
14/05/2014			Manutenção preventiva no M-C-1231001B de 2000 h	2			

*Legenda

Evento	Sintoma																
	Avaria	Baixa eficiência	Detonação	Falha	Indicação alta	Nível baixo	Parada sem motivo	Pressão alta	Pressão baixa	Temperatura alta	Travamento	Vazamento	Vibração alta	Calibração	Inspeção	Limpeza	Troca
Desarme	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16
Alarme	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16
Intertravamento	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16

Tabela A.20 - Causa dos alarmes, intertravamentos e desarmes no moto-compressor C

Data do evento	Motivo do alarme	Motivo do intertravamento	Motivo do desarme	Taxonomia	Codificação*	Shutdown	Falsa indicação
27/07/2011			Máquina parou sem motivo aparente		A6		
09/08/2011	Alarme do ZE-1231609 (transmissor de rod drop cilindro A alarmando)			1.2.11	B3		X
09/08/2011	Alarme do ZE-1231610 (transmissor de rod drop cilindro C alarmando)			1.2.11	B3		X
12/08/2011	Alarme do ZE-1231611 (transmissor de rod drop cilindro B alarmando)			1.2.11	B3		X
14/08/2011	Alarme do ZE-1231611 (transmissor de rod drop cilindro B alarmando)			1.2.11	B3		X
15/08/2011	Alarme do ZE-1231611 (transmissor de rod drop cilindro B alarmando)			1.2.11	B3		X
28/08/2011			Limpeza do skid do compressor C	2.6.1	A15		
02/09/2011	Alarme do ZE-1231609 (transmissor de rod drop cilindro A alarmando)			1.2.11	B3		X
14/09/2011			Manutenção preventiva no M-C-1231001C de 1000 h	2			
06/12/2011		Intertravamento do TIT-1231636A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga cilindro D)		1.2.9	C3		X
08/12/2011	Alarme do PIT-1231629 (transmissor de pressão de entrada air cooler alarmando)			1.6.6	B7		
10/12/2011	Alarme do PDIT-1231647 (transmissor de pressão diferencial de filtro de óleo alarmando)			1.4.6	B7		
15/12/2011	Alarme do PIT-1231656 (transmissor de pressão de entrada de gás)			1.2.13	B8		
30/12/2011		Intertravamento do TIT-1231636A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga cilindro D)		1.2.9	C9		
13/01/2012		Intertravamento do PIT-1231613B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo)		1.6.2	C7		
26/01/2012	Alarme do PIT-1231656 (transmissor de pressão de gás de entrada alarmando)			1.2.13	B7		
31/01/2012	Alarme do PIT-1231656 (transmissor de pressão de gás de entrada alarmando)			1.2.13	B7		
08/02/2012	Alarme do PDIT-1231647 (transmissor de pressão diferencial de filtro de óleo alarmando)			1.4.6	B7		
02/03/2012			Máquina parou para inspeção	1	A14		
14/03/2012	Alarme do ZE-1231610 (transmissor de rod drop cilindro C alarmando)			1.2.11	B4		
14/03/2012	Alarme do PDIT-1231647 (transmissor de pressão diferencial de filtro de óleo alarmando)			1.4.6	B7		
15/03/2012	Alarme do ZE-1231610 (transmissor de rod drop cilindro C alarmando)			1.2.11	B4		
19/03/2012		Intertravamento do PIT-1231613A e PIT-1231613B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo)		1.6.2	C7		
21/03/2012	Alarme do ZE-1231610 (transmissor de rod drop cilindro C alarmando)			1.2.11	B4		
28/03/2012	Alarme do ZE-1231610 (transmissor de rod drop cilindro C alarmando)			1.2.11	B4		
29/03/2012	Alarme do ZE-1231610 (transmissor de rod drop cilindro C alarmando)			1.2.11	B4		
30/03/2012			Máquina parou sem motivo aparente		A6		
03/04/2012	Alarme do ZE-1231610 (transmissor de rod drop cilindro C alarmando)			1.2.11	B4		
04/04/2012	Alarme do ZE-1231610 (transmissor de rod drop cilindro C alarmando)			1.2.11	B4		
08/04/2012	Alarme do PIT-1231656 (transmissor de pressão de gás de entrada alarmando)			1.2.13	B7		
08/04/2012	Alarme do ZE-1231610 (transmissor de rod drop cilindro C alarmando)			1.2.11	B4		
09/04/2012	Alarme do PDIT-1231647 (transmissor de pressão diferencial de filtro de óleo alarmando)			1.4.6	B7		
12/04/2012	Alarme do PDIT-1231647 (transmissor de pressão diferencial de filtro de óleo alarmando)			1.4.6	B7		
15/04/2012	Alarme do ZE-1231610 (transmissor de rod drop cilindro C alarmando)			1.2.11	B4		
20/04/2012			Manutenção preventiva no M-C-1231001C de 1000 h	2			
23/04/2012	Alarme do ZE-1231610 (transmissor de rod drop cilindro C alarmando)			1.2.11	B4		
27/04/2012			Limpeza do skid do compressor C	2.6.1	A15		
30/04/2012	Alarme do PIT-1231656 (transmissor de pressão de gás de entrada alarmando)			1.2.13	B7		
03/05/2012	Alarme do PDIT-1231647 (transmissor de pressão diferencial de filtro de óleo alarmando)			1.4.6	B7		

continuação

Data do evento	Motivo do alarme	Motivo do intertravamento	Motivo do desarme	Taxonomia	Codificação*	Shutdown	Falsa indicação
03/05/2012	Alarme do ZE-1231610 (transmissor de rod drop cilindro C alarmando)			1.2.11	B4		
04/05/2012	Alarme do PIT-1231629 (transmissor de pressão de entrada air cooler alarmando)			1.6.6	B7		
06/05/2012	Alarme do ZE-1231610 (transmissor de rod drop cilindro C alarmando)			1.2.11	B4		
07/05/2012	Alarme do ZE-1231610 (transmissor de rod drop cilindro C alarmando)			1.2.11	B4		
08/05/2012	Alarme do PDIT-1231647 (transmissor de pressão diferencial de filtro de óleo alarmando)			1.4.6	B7		
10/05/2012	Alarme do PDIT-1231647 (transmissor de pressão diferencial de filtro de óleo alarmando)			1.4.6	B7		
11/05/2012			Falha da XV-1231104	1.6.3	A3		
16/05/2012	Alarme do PDIT-1231647 (transmissor de pressão diferencial de filtro de óleo alarmando)			1.4.6	B7		
17/05/2012	Alarme do PDIT-1231647 (transmissor de pressão diferencial de filtro de óleo alarmando)			1.4.6	B7		
18/05/2012			Quebra de uma das correias do cjt M-P-C-1231001C-03	1.6.6	A0		
24/05/2012	Alarme do PIT-1231656 (transmissor de pressão de gás de entrada alarmando)			1.2.13	B7		
24/05/2012	Alarme do PDIT-1231647 (transmissor de pressão diferencial de filtro de óleo alarmando)			1.4.6	B7		
26/05/2012			Troca das correias do conjunto motor-ventilador	1.6.6	A16		
30/09/2012		Intertravamento do PIT-1231613A e PIT-1231613B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo)		1.6.2	C7	X	
21/10/2012		Intertravamento do PIT-1231613A e PIT-1231613B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo)		1.6.2	C7	X	
21/10/2012			O motor M-C-1231001C apresentou problemas na partida e shutdown por detonação	2.2.2.1	A2		
31/10/2012		Intertravamento do PIT-1231613A e PIT-1231613B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo)		1.6.2	C7		
05/11/2012		Intertravamento do PIT-1231613A e PIT-1231613B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo)		1.6.2	C7	X	
21/11/2012		Intertravamento do PIT-1231613A e PIT-1231613B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo)		1.6.2	C7		
22/11/2012		Intertravamento do PIT-1231613A e PIT-1231613B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo)		1.6.2	C7	X	
25/11/2012	Alarme do PIT-1231656 (transmissor de pressão de gás de entrada alarmando)			1.2.13	B7		
27/11/2012		Intertravamento do PIT-1231613A e PIT-1231613B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo)		1.6.2	C7		
05/12/2012		Intertravamento do PIT-1231613A e PIT-1231613B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo)		1.6.2	C7		
05/12/2012			Retirada das garrafas da sucção de descarga do compressor de venda C	1.6.2	A16		
26/12/2012		Intertravamento do PIT-1231613A e PIT-1231613B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo)		1.6.2	C7		
28/12/2012			Máquina parou sem motivo aparente		A6		
04/01/2013			Trip do motor ao passar o compressor de 75% para 100% de carga	2.2.2	A1		
24/01/2013		Intertravamento do PIT-1231613A (transmissor de pressão de entrada de gás de processo)		1.6.2	C7	X	
24/01/2013			Máquina parou sem motivo aparente		A6		
08/02/2013		Intertravamento do TIT-1231631B (transmissor de temperatura de garrafa de descarga cilindro C)		1.2.9	C9		
08/02/2013		Intertravamento do TIT-1231633B (transmissor de temperatura de garrafa de descarga cilindro B)		1.2.9	C9		
10/02/2013		Intertravamento do PIT-1231613A e PIT-1231613B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo)		1.6.2	C7	X	
19/02/2013		Intertravamento do TIT-1231628B (transmissor de temperatura de garrafa de descarga cilindro A)		1.2.9	C9		
19/02/2013		Intertravamento do TIT-1231631A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga cilindro C)		1.2.9	C9		
19/02/2013		Intertravamento do TIT-1231633B (transmissor de temperatura de garrafa de descarga cilindro B)		1.2.9	C9		
19/02/2013		Intertravamento do TIT-1231636B (transmissor de temperatura de garrafa de descarga cilindro D)		1.2.9	C9		
20/02/2013			Limpeza do skid do compressor C	2.6.1	A15		
01/03/2013		Intertravamento do TIT-1231628B (transmissor de temperatura de garrafa de descarga cilindro A)		1.2.9	C9		
01/03/2013		Intertravamento do TIT-1231631A (transmissor de temperatura de garrafa de descarga cilindro C)		1.2.9	C9		

continuação

Data do evento	Motivo do alarme	Motivo do intertravamento	Motivo do desarme	Taxonomia	Codificação*	Shutdown	Falsa indicação
01/03/2013		Intertravamento do TIT-1231631B (transmissor de temperatura de garrafa de descarga cilindro C)		1.2.9	C9		
01/03/2013			Temperatura alta na descarga provocada por presença de limalhas de ferro dentro do compressor	1.6.7	A9		
04/05/2013		Intertravamento do TIT-1231628B (transmissor de temperatura de garrafa de descarga cilindro A)		1.2.9	C9		
06/05/2013		Intertravamento do TIT-1231628B (transmissor de temperatura de garrafa de descarga cilindro A)		1.2.9	C9		
07/05/2013		Intertravamento do TIT-1231628B (transmissor de temperatura de garrafa de descarga cilindro A)		1.2.9	C9		
16/05/2013	Alarme do ZE-1231610 (transmissor de rod drop cilindro C alarmando)			1.2.11	B4		X
16/05/2013	Alarme do PIT-1231656 (transmissor de pressão de gás de entrada alarmando)			1.2.13	B7		
16/05/2013	Alarme do PDIT-1231647 (transmissor de pressão diferencial de filtro de óleo alarmando)			1.4.6	B7		
28/05/2013			Vazamento pelo flange da válvula de seleção entre os trocadores de óleo P-C-1231001C-02 A e B	1.4.5	A11		
05/06/2013		Intertravamento do PIT-1231613A e PIT-1231613B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo)		1.6.2	C7		
06/06/2013			Máquina parou sem motivo aparente		A6		
17/06/2013		Intertravamento do PIT-1231613A e PIT-1231613B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo)		1.6.2	C7		
17/06/2013			Manutenção preventiva no M-C-1231001C de 1000 h	2			
03/07/2013		Intertravamento do PIT-1231613A e PIT-1231613B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo)		1.6.2	C7		
12/07/2013			Máquina parou sem motivo aparente		A6		
28/07/2013			Inspecção do compressor	1	A14		
21/08/2013	Alarme do PDIT-1231647 (transmissor de pressão diferencial de filtro de óleo alarmando)			1.4.6	B7		
25/08/2013	Alarme do PIT-1231629 (transmissor de pressão de entrada air cooler alarmando)			1.6.6	B7		
28/08/2013	Alarme do PIT-1231656 (transmissor de pressão de gás de entrada alarmando)			1.2.13	B7		
28/08/2013	Alarme do PDIT-1231647 (transmissor de pressão diferencial de filtro de óleo alarmando)			1.4.6	B7		
29/08/2013	Alarme do PIT-1231629 (transmissor de pressão de entrada air cooler alarmando)			1.6.6	B7		
29/08/2013	Alarme do PDIT-1231647 (transmissor de pressão diferencial de filtro de óleo alarmando)			1.4.6	B7		
31/08/2013	Alarme do PIT-1231656 (transmissor de pressão de gás de entrada alarmando)			1.2.13	B7		
31/08/2013	Alarme do PDIT-1231647 (transmissor de pressão diferencial de filtro de óleo alarmando)			1.4.6	B7		
03/09/2013			Inspecção e manutenção preventiva no motor de arranque do moto-compressor de venda M-C-1231001 C	2.1.2	A14		
13/09/2013	Alarme do PIT-1231656 (transmissor de pressão de gás de entrada alarmando)			1.2.13	B7		
13/09/2013	Alarme do PDIT-1231647 (transmissor de pressão diferencial de filtro de óleo alarmando)			1.4.6	B7		
14/09/2013	Alarme do PIT-1231656 (transmissor de pressão de gás de entrada alarmando)			1.2.13	B7		
14/09/2013	Alarme do PDIT-1231647 (transmissor de pressão diferencial de filtro de óleo alarmando)			1.4.6	B7		
18/09/2013			Limpeza do skid do compressor C	2.6.1	A15		
25/09/2013			Máquina parou sem motivo aparente		A6		
30/09/2013			Limpeza do skid do compressor C	2.6.1	A15		
09/10/2013		Intertravamento do TIT-1231628B (transmissor de temperatura de garrafa de descarga cilindro A)		1.2.9	C9		
15/10/2013	Alarme do ZE-1231610 (transmissor de rod drop cilindro C alarmando)			1.2.11	B4		
16/10/2013	Alarme do ZE-1231609 (transmissor de rod drop cilindro A alarmando)			1.2.11	B3		
05/11/2013	Alarme do ZE-1231609 (transmissor de rod drop cilindro A alarmando)			1.2.11	B3		
07/11/2013	Alarme do ZE-1231610 (transmissor de rod drop cilindro C alarmando)			1.2.11	B4		
13/11/2013		Intertravamento do PIT-1231613A e PIT-1231613B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo)		1.6.2	C7		
14/11/2013		Intertravamento do PIT-1231613A e PIT-1231613B (transmissor de pressão de entrada de gás de processo)		1.6.2	C7		
15/11/2013			Necessidade de brunimento de 02 camisas dos cilindros do compressor	1.2.12	A0		

*Legenda

Sintoma Evento	Avaria	Baixa eficiência	Detonação	Falha	Indicação alta	Nível baixo	Parada sem motivo	Pressão alta	Pressão baixa	Temperatura alta	Travamento	Vazamento	Vibração alta	Calibração	Inspeção	Limpeza	Troca
Desarme	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16
Alarme	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16
Intertravamento	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16

Tabela A.21 - Histórico de manutenções preventivas

Ordem	Texto breve		Data início	Data fim
2008452192	Prv C-1231001A Compressor Gás Venda	PRV Preventiva Mecânica 4000H	25/10/2011	25/10/2011
2009543371	Prv C-1231001A Compressor Gás Venda	PRV Preventiva Mecânica 8000H	09/10/2012	29/11/2012
2010257675	Prv C-1231001A Compressor Gás Venda	PRV Preventiva Mecânica 2000H	08/04/2013	09/04/2013
2011030790	Prv C-1231001A Compressor Gás Venda	PRV Preventiva Mecânica 4000H	20/11/2013	09/12/2013
2007498443	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 1000 Horas	14/03/2011	14/03/2011
2007662401	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 2000 Horas	09/04/2011	27/05/2011
2007973235	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 1000 Horas	16/08/2011	16/08/2011
2008452193	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 4000 Horas	25/10/2011	25/10/2011
2008596290	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 1000 Horas	15/12/2011	15/12/2011
2009443514	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 1000 Horas	13/08/2012	13/08/2012
2009543372	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 8000 Horas	23/10/2012	12/11/2012
2010054974	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 1000 Horas	30/01/2013	30/01/2013
2010257676	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 2000 Horas	08/04/2013	08/04/2013
2010406610	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 1000 Horas	10/06/2013	11/06/2013
2011030791	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 4000 Horas	02/12/2013	04/12/2013
2011470285	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 8000 Horas	12/03/2014	12/03/2014
2012047534	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 1000 Horas	18/08/2014	18/08/2014
2012384390	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 2000 Horas	17/11/2014	17/11/2014
2007973236	Prv C-1231001B Compressor Gás Venda	PRV Preventiva Mecânica 4000H	06/08/2011	06/08/2011
2009353519	Prv C-1231001B Compressor Gás Venda	PRV Preventiva Mecânica 2000H	20/07/2012	20/07/2012
2009746065	Prv C-1231001B Compressor Gás Venda	PRV Preventiva Mecânica 8000H	08/11/2012	08/02/2013
2010815048	Prv C-1231001B Compressor Gás Venda	PRV Preventiva Mecânica 2000H	03/09/2013	03/09/2013
2008314162	Prv C1231001B Compressor Gás Venda 4000H	PRV Preventiva Mecânica 4000 Horas	28/02/2012	03/04/2012
2007973237	Prv M-C-1231001B M Gás C-1231001B (4000H)	Preventiva Mecânica 4000 Horas	31/08/2011	31/08/2011
2007498445	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 2000 Horas	09/04/2011	26/05/2011
2007888991	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 1000 Horas	26/05/2011	26/05/2011
2009157217	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 1000 Horas	31/05/2012	31/05/2012
2009353520	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 2000 Horas	19/07/2012	19/07/2012
2009543173	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 1000 Horas	05/09/2012	05/09/2012
2009746066	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 8000 Horas	08/11/2012	08/02/2013
2010542826	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 1000 Horas	07/06/2013	07/06/2013
2010815049	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 2000 Horas	03/09/2013	04/09/2013
2011066558	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 1000 Horas	12/11/2013	12/11/2013
2011409579	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 4000 Horas	25/05/2014	04/06/2014
2012098695	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 1000 Horas	15/09/2014	15/09/2014
2012517394	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 2000 Horas	17/12/2014	18/12/2014
2008314163	Prv MC1231001B Motor Gás C1231001B 4000H	Preventiva Mecânica 4000 Horas	05/03/2012	29/03/2012
2009156062	Prv C-1231001C Compressor Gás Venda	PRV Preventiva Mecânica 8000H	02/07/2012	26/07/2012
2010082940	Prv C-1231001C Compressor Gás Venda	PRV Preventiva Mecânica 2000H	19/03/2013	19/03/2013
2010914654	Prv C-1231001C Compressor Gás Venda	PRV Preventiva Mecânica 4000H	14/10/2013	22/11/2013
2008452246	Prv C1231001C Compressor Gás Venda 4000H	PRV Preventiva Mecânica 4000H	07/11/2011	07/11/2011
2007497241	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 1000 Horas	04/03/2011	04/03/2011
2007719493	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 2000 Horas	09/04/2011	08/05/2011
2008269344	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 1000 Horas	19/09/2011	19/09/2011
2008596291	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 1000 Horas	15/12/2011	15/12/2011
2009007199	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 1000 Horas	17/04/2012	17/04/2012
2009156063	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 8000 Horas	26/07/2012	22/08/2012
2009828218	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 1000 Horas	07/12/2012	07/12/2012
2010082941	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 2000 Horas	26/02/2013	26/02/2013
2010542827	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 1000 Horas	18/06/2013	18/06/2013
2010914655	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 4000 Horas	04/11/2013	13/11/2013
2011270989	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 1000 Horas	20/01/2014	20/01/2014
2011465215	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 2000 Horas	21/03/2014	21/03/2014
2011697533	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 1000 Horas	20/05/2014	20/05/2014
2011848446	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 8000 Horas	16/07/2014	22/07/2014
2012318941	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 1000 Horas	30/10/2014	30/10/2014
2012560463	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 2000 Horas	09/01/2015	10/01/2015
2008452247	Prv MC1231001C Motor GásC-1231001C 4000H	Preventiva Mecânica 4000 Horas	07/11/2011	07/11/2011
2007753132	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 2000 Horas	09/04/2011	09/04/2011
2008013789	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 2000 Horas	27/06/2011	27/06/2011
2008530443	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 2000 Horas	17/11/2011	17/11/2011
2008995027	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 2000 Horas	26/03/2012	26/03/2012
2009483297	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 2000 Horas	27/08/2012	27/08/2012
2010022577	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 2000 Horas	11/01/2013	11/01/2013

continuação

Ordem	Texto breve		Data início	Data fim
2010470072	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 2000 Horas	21/05/2013	21/05/2013
2010996337	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 2000 Horas	10/10/2013	10/10/2013
2011565923	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 2000 Horas	27/03/2014	27/03/2014
2012098711	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 2000 Horas	04/09/2014	04/09/2014
2007693252	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 2000 Horas	09/04/2011	09/04/2011
2008114341	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 2000 Horas	25/07/2011	25/07/2011
2008635458	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 2000 Horas	19/12/2011	19/12/2011
2009201083	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 2000 Horas	30/05/2012	30/05/2012
2009566839	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 2000 Horas	03/09/2012	03/09/2012
2010022578	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 2000 Horas	14/01/2013	14/01/2013
2010578756	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 2000 Horas	26/06/2013	26/06/2013
2011054512	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 2000 Horas	04/11/2013	04/11/2013
2011681748	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 2000 Horas	12/05/2014	12/05/2014
2012318946	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 2000 Horas	27/10/2014	27/10/2014
2007693253	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 2000 Horas	28/03/2011	28/03/2011
2008187707	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 2000 Horas	17/08/2011	17/08/2011
2008555169	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 2000 Horas	23/11/2011	23/11/2011
2008936260	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 2000 Horas	13/03/2012	13/03/2012
2009405879	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 2000 Horas	06/08/2012	06/08/2012
2009867828	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 2000 Horas	29/11/2012	29/11/2012
2010406609	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 2000 Horas	09/05/2013	09/05/2013
2010794558	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 2000 Horas	19/08/2013	19/08/2013
2011312208	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 2000 Horas	17/01/2014	17/01/2014
2011710716	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 2000 Horas	05/05/2014	05/05/2014
2012047533	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 2000 Horas	20/08/2014	20/08/2014
2012689298	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 2000 Horas	28/01/2015	28/01/2015
2012960781	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 2000 Horas	13/04/2015	13/04/2015
2013571790	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 2000 Horas	15/09/2015	15/09/2015
2014036903	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 2000 Horas	18/01/2016	18/01/2016
2012927075	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 2000 Horas	09/04/2015	09/04/2015
2013730689	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 2000 Horas	18/11/2015	18/11/2015
2013228531	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 2000 Horas	19/06/2015	19/06/2015
2013759589	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 2000 Horas	17/11/2015	17/11/2015
2012659159	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 1000 Horas	26/01/2015	26/01/2015
2012685933	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 8000 Horas	06/02/2015	22/04/2015
2013153131	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 1000 Horas	19/06/2015	19/06/2015
2013611877	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 2000 Horas	14/10/2015	14/10/2015
2013827646	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 1000 Horas	25/11/2015	25/11/2015
2014023351	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 4000 Horas	04/11/2016	04/11/2016
2015182328	Prv M-C-1231001A Motor Gás C-1231001A	Preventiva Mecânica 24000 Horas	04/01/2017	04/02/2017
2013328217	Prv C-1231001B Compressor Gás Venda	Preventiva 8000H	01/08/2015	01/09/2015
2012960780	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 1000 Horas	28/04/2015	28/04/2015
2013328218	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 8000 Horas	20/08/2015	28/08/2015
2014162233	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 1000 Horas	22/02/2016	26/02/2016
2014792493	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 2000 Horas	02/08/2016	05/08/2016
2015194516	Prv M-C-1231001B Motor Gás C-1231001B	Preventiva Mecânica 1000 Horas	04/01/2017	04/01/2017
2012823068	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 1000 Horas	16/03/2015	16/03/2015
2013038415	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 4000 Horas	14/05/2015	16/05/2015
2013288192	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 1000 Horas	09/07/2015	09/07/2015
2013513146	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 2000 Horas	09/09/2015	10/09/2015
2014582667	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 1000 Horas	17/06/2016	17/06/2016
2014691285	Prv M-C-1231001C Motor Gás C-1231001C	Preventiva Mecânica 24000 Horas	27/03/2017	27/04/2017

Tabela A.22 - Taxonomias atendidas pelas manutenções preventivas no compressor A

	Data início	Data fim	Taxonomias Afetadas										
			1.2.9	1.2.13	1.3.6	1.3.7	1.3.8	1.3.9	1.4.9	1.6.2	1.6.3	1.6.4	
PRV Preventiva Mecânica 4000H	25/10/2011	25/10/2011	1.2.9	1.2.13	1.3.6	1.3.7	1.3.8	1.3.9	1.4.9	1.6.2	1.6.3	1.6.4	
PRV Preventiva Mecânica 8000H	09/10/2012	29/11/2012	1.2.9	1.2.13	1.3.6	1.3.7	1.3.8	1.3.9	1.4.9	1.6.2	1.6.3	1.6.4	1.6.6
PRV Preventiva Mecânica 2000H	08/04/2013	09/04/2013								1.6.2			
PRV Preventiva Mecânica 4000H	20/11/2013	09/12/2013	1.2.9	1.2.13	1.3.6	1.3.7	1.3.8	1.3.9	1.4.9	1.6.2	1.6.3	1.6.4	

Tabela A.23 - Taxonomias atendidas pelas manutenções preventivas no motor a gás A

	Data início	Data fim	Taxonomias Afetadas			
			2.1.2	2.2.2	2.2.15	2.4.8
Preventiva Mecânica 1000 Horas	14/03/2011	14/03/2011		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	09/04/2011	27/05/2011		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	09/04/2011	09/04/2011		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	27/06/2011	27/06/2011		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	16/08/2011	16/08/2011		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 4000 Horas	25/10/2011	25/10/2011	2.1.2	2.2.2	2.2.15	2.4.8
Preventiva Mecânica 2000 Horas	17/11/2011	17/11/2011		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	15/12/2011	15/12/2011		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	26/03/2012	26/03/2012		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	13/08/2012	13/08/2012		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	27/08/2012	27/08/2012		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 8000 Horas	23/10/2012	12/11/2012	2.1.2	2.2.2	2.2.15	2.4.8
Preventiva Mecânica 2000 Horas	11/01/2013	11/01/2013		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	30/01/2013	30/01/2013		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	08/04/2013	08/04/2013		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	21/05/2013	21/05/2013		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	10/06/2013	11/06/2013		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	10/10/2013	10/10/2013		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 4000 Horas	02/12/2013	04/12/2013	2.1.2	2.2.2	2.2.15	2.4.8
Preventiva Mecânica 8000 Horas	12/03/2014	12/03/2014	2.1.2	2.2.2	2.2.15	2.4.8
Preventiva Mecânica 2000 Horas	27/03/2014	27/03/2014		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	18/08/2014	18/08/2014		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	04/09/2014	04/09/2014		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	17/11/2014	17/11/2014		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	26/01/2015	26/01/2015		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 8000 Horas	06/02/2015	22/04/2015	2.1.2	2.2.2	2.2.15	2.4.8
Preventiva Mecânica 2000 Horas	13/04/2015	13/04/2015		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	19/06/2015	19/06/2015		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	15/09/2015	15/09/2015		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	14/10/2015	14/10/2015		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	25/11/2015	25/11/2015		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	18/01/2016	18/01/2016		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 4000 Horas	04/11/2016	04/11/2016	2.1.2	2.2.2	2.2.15	2.4.8
Preventiva Mecânica 24000 Horas	04/01/2017					

Tabela A.24 - Taxonomias atendidas pelas manutenções preventivas no compressor B

	Data início	Data fim	Taxonomias Afetadas								
			1.2.9	1.3.6	1.3.7	1.3.9	1.4.6	1.6.2	1.6.3	1.6.4	
PRV Preventiva Mecânica 4000H	06/08/2011	06/08/2011	1.2.9	1.3.6	1.3.7	1.3.9	1.4.6	1.6.2	1.6.3	1.6.4	
PRV Preventiva Mecânica 4000H	28/02/2012	03/04/2012	1.2.9	1.3.6	1.3.7	1.3.9	1.4.6	1.6.2	1.6.3	1.6.4	
PRV Preventiva Mecânica 2000H	20/07/2012	20/07/2012						1.6.2			
PRV Preventiva Mecânica 8000H	08/11/2012	08/02/2013	1.2.9	1.3.6	1.3.7	1.3.9	1.4.6	1.6.2	1.6.3	1.6.4	1.6.6
PRV Preventiva Mecânica 2000H	03/09/2013	03/09/2013						1.6.2			
Preventiva 8000H	01/08/2015	01/09/2015	1.2.9	1.3.6	1.3.7	1.3.9	1.4.6	1.6.2	1.6.3	1.6.4	1.6.6

Tabela A.25 - Taxonomias atendidas pelas manutenções preventivas no motor a gás B

	Data início	Data fim	Taxonomias Afetadas		
			2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	09/04/2011	26/05/2011	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	09/04/2011	09/04/2011	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	26/05/2011	26/05/2011	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	25/07/2011	25/07/2011	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 4000 Horas	31/08/2011	31/08/2011	2.2.2	2.2.15	2.4.8
Preventiva Mecânica 2000 Horas	19/12/2011	19/12/2011	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 4000 Horas	05/03/2012	29/03/2012	2.2.2	2.2.15	2.4.8
Preventiva Mecânica 2000 Horas	30/05/2012	30/05/2012	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	31/05/2012	31/05/2012	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	19/07/2012	19/07/2012	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	03/09/2012	03/09/2012	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	05/09/2012	05/09/2012	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 8000 Horas	08/11/2012	08/02/2013	2.2.2	2.2.15	2.4.8
Preventiva Mecânica 2000 Horas	14/01/2013	14/01/2013	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	07/06/2013	07/06/2013	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	26/06/2013	26/06/2013	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	03/09/2013	04/09/2013	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	04/11/2013	04/11/2013	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	12/11/2013	12/11/2013	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	12/05/2014	12/05/2014	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 4000 Horas	25/05/2014	04/06/2014	2.2.2	2.2.15	2.4.8
Preventiva Mecânica 1000 Horas	15/09/2014	15/09/2014	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	27/10/2014	27/10/2014	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	17/12/2014	18/12/2014	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	09/04/2015	09/04/2015	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	28/04/2015	28/04/2015	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 8000 Horas	20/08/2015	28/08/2015	2.2.2	2.2.15	2.4.8
Preventiva Mecânica 2000 Horas	18/11/2015	18/11/2015	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	22/02/2016	26/02/2016	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	02/08/2016	05/08/2016	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	04/01/2017	04/01/2017	2.2.2	2.2.15	

Tabela A.26 - Taxonomias atendidas pelas manutenções preventivas no compressor C

	Data início	Data fim	Taxonomias Afetadas								
			1.3.6	1.3.7	1.3.9	1.4.6	1.4.9	1.6.2	1.6.3	1.6.4	
PRV Preventiva Mecânica 4000H	07/11/2011	07/11/2011	1.3.6	1.3.7	1.3.9	1.4.6	1.4.9	1.6.2	1.6.3	1.6.4	
PRV Preventiva Mecânica 8000H	02/07/2012	26/07/2012	1.3.6	1.3.7	1.3.9	1.4.6	1.4.9	1.6.2	1.6.3	1.6.4	1.6.6
PRV Preventiva Mecânica 2000H	19/03/2013	19/03/2013						1.6.2			
PRV Preventiva Mecânica 4000H	14/10/2013	22/11/2013	1.3.6	1.3.7	1.3.9	1.4.6	1.4.9	1.6.2	1.6.3	1.6.4	

Tabela A.27 - Taxonomias atendidas pelas manutenções preventivas no motor a gás C

	Data início	Data fim	Taxonomias Afetadas			
				2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	04/03/2011	04/03/2011		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	28/03/2011	28/03/2011	2.2.1	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	09/04/2011	08/05/2011	2.2.1	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	17/08/2011	17/08/2011	2.2.1	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	19/09/2011	19/09/2011		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 4000 Horas	07/11/2011	07/11/2011	2.2.1	2.2.2	2.2.15	2.4.8
Preventiva Mecânica 2000 Horas	23/11/2011	23/11/2011	2.2.1	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	15/12/2011	15/12/2011		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	13/03/2012	13/03/2012	2.2.1	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	17/04/2012	17/04/2012		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 8000 Horas	26/07/2012	22/08/2012	2.2.1	2.2.2	2.2.15	2.4.8
Preventiva Mecânica 2000 Horas	06/08/2012	06/08/2012	2.2.1	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	29/11/2012	29/11/2012	2.2.1	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	07/12/2012	07/12/2012		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	26/02/2013	26/02/2013	2.2.1	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	09/05/2013	09/05/2013	2.2.1	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	18/06/2013	18/06/2013		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	19/08/2013	19/08/2013	2.2.1	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 4000 Horas	04/11/2013	13/11/2013	2.2.1	2.2.2	2.2.15	2.4.8
Preventiva Mecânica 2000 Horas	17/01/2014	17/01/2014	2.2.1	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	20/01/2014	20/01/2014		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	21/03/2014	21/03/2014	2.2.1	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	05/05/2014	05/05/2014	2.2.1	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	20/05/2014	20/05/2014		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 8000 Horas	16/07/2014	22/07/2014	2.2.1	2.2.2	2.2.15	2.4.8
Preventiva Mecânica 2000 Horas	20/08/2014	20/08/2014	2.2.1	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	30/10/2014	30/10/2014		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	09/01/2015	10/01/2015	2.2.1	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	28/01/2015	28/01/2015	2.2.1	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	16/03/2015	16/03/2015		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 4000 Horas	14/05/2015	16/05/2015	2.2.1	2.2.2	2.2.15	2.4.8
Preventiva Mecânica 2000 Horas	19/06/2015	19/06/2015	2.2.1	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	09/07/2015	09/07/2015		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	09/09/2015	10/09/2015	2.2.1	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 2000 Horas	17/11/2015	17/11/2015	2.2.1	2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 1000 Horas	17/06/2016	17/06/2016		2.2.2	2.2.15	
Preventiva Mecânica 24000 Horas	27/03/2017					

APÊNDICE B**INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES DO ESTUDO DE CASO****B.1 SERVIÇOS NO COMPRESSOR****B.1.1 Preventiva Mecânica 8.000 Horas**

ESTA MANUTENÇÃO SE APLICA AO EQUIPAMENTO

- COMPRESSOR NEA 1TVL130-154

TAREFAS:

EXECUTAR COM EQUIPAMENTO PARADO

01-() VERIFICAR O RUN OUT.

02-() RETIRAR O FILTRO DE GÁS DA SUÇÃO PARA LIMPEZA E INSPEÇÃO VISUAL DA MALHA FILTRANTE. (taxonomia 1.6.2)

- A PRESENÇA DE GRANALHA DE AÇO DENTRO DA GARRAFA.

FAZER INSPEÇÃO VISUAL INTERNA NA GARRAFA

V-C-1231001A-01-A DO COMPRESSOR A DURANTE A PRÓXIMA MANUTENÇÃO PREVENTIVA. CASO NECESSÁRIO, RETIRAR A GARRAFA PARA LIMPEZA. ESTA É A ÚNICA GARRAFA EM QUE HÁ POSSIBILIDADE DE HAVER GRANALHA.

03-() VERIFICAR ACOPLAMENTO QUANTO A: (taxonomias 1.1.3 e 1.1.4)

- TRINCAS VISÍVEIS OU SE HÁ PARTES AUSENTES;

- INTEGRIDADE DO ELEMENTO ELÁSTICO (SE FOREM IDENTIFICADAS TRINCAS, FAZER O REGISTRO FOTOGRÁFICO, E SE POSSÍVEL, O REGISTRO DIMENSIONAL: COMPRIMENTO, LARGURA E PROFUNDIDADE DA TRINCA).

04-() INSPECIONAR VISUALMENTE OS LINKS DO ACOPLAMENTO.

(taxonomias 1.1.3 e 1.1.4)

(VERIFICAR SE HÁ DEFORMAÇÃO OU TRINCAS NAS BUCHAS DE BORRACHA DOS LINKS. TRINCAS DE PROFUNDIDADE ATÉ 1 MM SÃO NORMAIS. ACIMA DE 1 MM RECOMENDA-SE TROCAR).

05-() VERIFICAR O TORQUE DOS PARAFUSOS (CLASSE DE RESISTÊNCIA 10.9) DO ACOPLAMENTO CONFORME VALORES ABAIXO: (taxonomias 1.1.3 e 1.1.4)

M16 - 250 N.M (+/- 5%)
M18 - 350 N.M (+/- 5%)
M20 - 490 N.M (+/- 5%)
M27 - 1070 N.M (+/- 5%)

06-() VERIFICAR OU SUBSTITUIR VALVULAS. (taxonomias 1.2.9, 1.3.7, 1.6.3 e 1.6.4)

- VALORES DE TORQUE:

GAIOLA DE VÁLVULA - 140 NM (M24)

TAMPA DE VÁLVULA - 600 NM (M30)

07-() VERIFICAR O AJUSTE DO GAP ENTRE O ATUADOR E O GARFO DA VÁLVULA EM TODOS OS CILINDROS, LADO CÁRTER E LADO TAMPA, CONFORME ANEXO "PROCEDIMENTO DE AJUSTE DO GAP ENTRE O ATUADOR E O GARFO DA VÁLVULA". (taxonomias 1.2.9)

08-() CONFERIR APERTO DAS HASTES DOS ATUADORES DE VÁLVULAS DE SUÇÃO. (taxonomias 1.2.9)

OBS1.: CASO A HASTE ESTEJA FOLGADA, RETIRAR A HASTE, APLICAR TRAVA QUÍMICA E REAPERTÁ-LA.

OBS2.: EM CASO DE SUBSTITUIÇÃO DE ATUADOR, FAZER O AJUSTE CONFORME ANEXO "PROCEDIMENTO DE AJUSTE DO GAP ENTRE O ATUADOR E O GARFO DA VÁLVULA".

09-() VERIFICAR ANEIS E PISTÕES. (taxonomia 1.2.11)

10-() VERIFICAR ANEIS RASPADORES. (taxonomia 1.2.11)

11-() VERIFICAR DIMENSIONAL E SUPERFÍCIE DOS CILINDROS. (taxonomia 1.2.12)

12-() VERIFICAR ENGAXETAMENTO. (taxonomia 1.2.13)

13-() VERIFICAR FOLGA DAS CRUZETAS. (taxonomia 1.2.13)

14-() TROCAR O OLEO. (taxonomia 1.4.9)

(VERIFICAR O OLEO RETIRADO QUANTO A PRESENÇA DE LIMALHAS).

15-() TROCAR FILTRO DE OLEO. (taxonomia 1.4.6)

(ABRIR FILTRO E VERIFICAR PRESENÇA DE LIMALHAS).

16-() VERIFICAR APERTO DA BASE DO COMPRESSOR. (taxonomia 1.6.1)

17-() VERIFICAR O TORQUE DOS PARAFUSOS DE FIXAÇÃO DA PEÇA DISTANCIADORA (M20 - 260 Nm). (taxonomia 1.6.2)

18-() CALIBRAR PROXIMETER (SENSOR DE ROD DROP). (taxonomias 1.3.6, 1.3.8 e 1.3.9)

19-() VERIFICAR BOMBA DE OLEO QUANTO A DESGASTES. (taxonomia 1.4.2)

20-() VERIFICAR FILTROS DE SUÇÃO DE GAS. (taxonomia 1.6.2)

- 21-() EXECUTAR INSPEÇÃO DE INTERNOS DAS VALVULAS DE RETENÇÃO.
(*taxonomia 1.6.5*)
- 22-() LUBRIFICAR PARTES MOVEIS DAS VALVULAS DE RETENÇÃO.
(*taxonomia 1.6.5*)
- 23-() VERIFICAR TODOS OS ELEMENTOS DE FIXAÇÃO, ESTOJOS PORCAS E PARAFUSOS QUANTO A CORROSÃO E APLICAR GRAXA DE PROTEÇÃO.
(*taxonomia 1.6.2*)
- 24-() RETIRAR CHAVE DE NÍVEL DE ÓLEO PARA MANUTENÇÃO (APLICAR LIMPA CONTATO, REAPERTO DOS CABOS DE BORNE) E TESTE EM BANCADA.
(*taxonomia 1.4.9*)
- 25-() SUBSTITUIR OS PARAFUSOS DE FIXAÇÃO DOS ATUADORES DE VÁLVULA (PARAF. 8.8 M12 X 1,75). (*taxonomias 1.2.9 e 1.3.7*)
- 26- () REALIZAR A TROCA DA ÁGUA (75% ÁGUA DESMINERALIZADA E 25% FLUIDO DE RADIADOR BR) DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DO COMPRESSOR.
(*taxonomia 1.6.6*)
- 27- () TROCAR FILTROS BARBANTE (02 UN) DO SISTEMA DE ÁGUA.
(*taxonomia 1.6.2*)
- 28- () EFETUAR LIMPEZA DO AIR COOLER. (*taxonomia 1.6.6*)
- 29- () RETIRAR O FILTRO DE GÁS DA SUÇÃO PARA LIMPEZA E INSPEÇÃO VISUAL DA MALHA FILTRANTE. (*taxonomia 1.6.2*)
- 30- () VERIFICAR, APÓS PRESSURIZAÇÃO DOS ATUADORES, SE HÁ VAZAMENTO NAS CONEXÕES DE AR COMPRIMIDO. CORRIGIR, CASO NECESSÁRIO. (*taxonomias 1.2.9, 1.3.7, 1.6.3 e 1.6.4*)

B.2 SERVIÇOS NO MOTOR

B.2.1 Preventiva Mecânica 8.000 Horas

ESTA MANUTENÇÃO SE APLICA AO EQUIPAMENTO

- MOTOR A GÁS CAT G3606

TAREFAS:

EXECUTAR COM EQUIPAMENTO PARADO

OBS.: TODAS AS TAREFAS DE MEDIÇÕES DEVERÃO TER SEUS VALORES REGISTRADOS EM RELATÓRIO DIMENSIONAL ANEXO.

- 01-() MEDIR O BLOWBY. (taxonomia 2.2.1)
VALOR ENCONTRADO: ()
- 02-() MEDIR COMPRESSÃO DOS CILINDROS. (taxonomia 2.2.8)
VALORES ENCONTRADOS:
CILINDRO 1 ()
CILINDRO 2 ()
CILINDRO 3 ()
CILINDRO 4 ()
CILINDRO 5 ()
CILINDRO 6 ()
- 03-() VERIFICAR OU TROCAR VELAS DE IGNIÇÃO. (taxonomia 2.2.2)
- 04-() LUBRIFICAR ARTICULAÇÕES DOS MECANISMOS DE CONTROLE DOS ATUADORES. (taxonomia 2.2.15)
- 05-() EFETUAR REAPERTO DOS PARAFUSOS DA JUNTA DE EXPANSÃO NA DESCARGA DO MOTOR; CONFORME PADRÃO PE-3E6-01842. (taxonomia 2.2.7)
- 06-() VERIFICAR/LIMPAR SUSPIRO DO CARTER. (taxonomia 2.4.1)
- 07-() DRENAR CONDENSADO DO AFTERCOOLER. (taxonomia 2.2.1)
- 08-() VERIFICAR ESTADO DO DAMPER QUANTO A AMASSAMENTOS E VAZAMENTOS E SINAIS VISUAIS DE SOBREAQUECIMENTO. (taxonomia 2.2.1)
- 09-() VERIFICAR OS SUPORTES DO MOTOR. (taxonomia 2.6.1)
- 10-() VERIFICAR FOLGA DAS VALVULAS DE ADMISSÃO E DESCARGA. (taxonomia 2.2.15)
- 11-() VERIFICAR PROJEÇÃO DA HASTE DAS VALVULAS DE ADMISSÃO E DESCARGA. (taxonomia 2.2.15)
- 12-() VERIFICAR SE OS GIRADORES DE VALVULA ESTÃO FUNCIONANDO CORRETAMENTE (MARCAR OS GIRADORES APÓS A REGULAGEM DAS VALVULAS, DEIXAR O MOTOR FUNCIONAR POR 5 MINUTOS E VERIFICAR SE OS MESMOS GIRARAM). (taxonomia 2.2.15)
- 13-() VERIFICAR FOLGA DAS VALVULAS DE ADMISSÃO DE GAS. (taxonomia 2.2.2)
- 14-() VERIFICAR/LIMPAR O SENSOR DE COMBUSTÃO. (taxonomia 2.3.5)
- 15-() VERIFICAR FUNCIONAMENTO DO SENSOR DE NIVEL DE AGUA DE ARREFECIMENTO. (taxonomia 2.3.5)
- 16-() TROCAR OLEO HIDRÁULICO. (taxonomia 2.6.2)

(USAR LUVAS EVITAR QUEIMADURA COM OLEO QUENTE).

- 17-() TROCAR FILTRO DE OLEO HIDRÁULICO. (taxonomia 2.6.2)
(USAR LUVAS EVITAR QUEIMADURA COM OLEO QUENTE).
- 18-() TROCAR OLEO DO MOTOR. (taxonomia 2.4.8)
(USAR LUVAS EVITAR QUEIMADURA COM OLEO QUENTE).
- 19-() TROCAR FILTRO DE OLEO DO MOTOR. (taxonomia 2.4.4)
(USAR LUVAS EVITAR QUEIMADURA COM OLEO QUENTE).
- 20-() REVISAR BYPASS DA EXAUSTÃO. (taxonomia 2.2.7)
- 21-() SUBSTITUIR CHECK VALVES DAS PRE CAMARAS. (taxonomia 2.2.8)
- 22-() REVISAR MOTOR DE PARTIDA. (taxonomia 2.1.2)
- 23-() VERIFICAR TURBO COMPRESSOR QUANTO A LIMPEZA, GIRO LIVRE E FOLGA DOS MANCAIS. (taxonomia 2.2.3)
- 24-() TESTAR/SUBSTITUIR VALVULA TERMOSTÁTICA DO SISTEMA DE ARREFECIMENTO. (taxonomia 2.5.5)
- 25-() TESTAR/SUBSTITUIR VALVULA TERMOSTATICA DO SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO. (taxonomia 2.4.6)
- 26-() LIMPAR E INSPECIONAR SENSOR DE VELOCIDADE. (taxonomia 2.3.5)
- 27-() VERIFICAR BOMBA D'ÁGUA QUANTO A DESGASTES. (taxonomia 2.5.7)
- 28-() LIMPAR FILTRO Y DO SISTEMA DE AR DE PARTIDA. (taxonomia 2.1.2)
- 29-() LIMPAR COPO DE LUBRIFICANTE DO SISTEMA DE AR DE PARTIDA. (taxonomia 2.1.2)
- 30-() VERIFICAR VALVULA DE CORTE DE GAS. (taxonomia 2.2.2)
- 31-() VERIFICAR TUBULAÇÕES E COMPONENTES DO SISTEMA DE ADMISSÃO DE AR. (taxonomia 2.2.1)
- 32-() VERIFICAR TUBULAÇÕES E COLETORES DE ENTRADA DE GAS. (taxonomia 2.2.14)
- 33-() VERIFICAR ATUADOR ELETROHIDRÁULICO. (taxonomia 2.1.2)
- 34-() VERIFICAR/SUBSTITUIR REGULADORA DE PRESSÃO DE GAS. (taxonomia 2.2.2)
- 35-() VERIFICAR BOMBA DE PRE LUBRIFICAÇÃO. (taxonomia 2.4.8)

36-() SUBSTITUIR OS ANÉIS DA TAMPAS DO COMANDO DE VÁLVULAS.
(taxonomia 2.2.10)

EXECUTAR COM SUPORTE DA EQUIPE DA ELETRICA

01-() VERIFICAR CONEXÕES DOS DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO DO MOTOR.
(taxonomia 2.3.4)

02-() VERIFICAR CHAVE DE NIVEL DO SISTEMA DE ARREFECIMENTO.
(taxonomia 2.4.9)

03-() VERIFICAR/AJUSTAR SISTEMA ELETROHIDRÁULICO DO MOTOR.
(taxonomia 2.1.2)

04-() VERIFICAR DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO DO MOTOR. (taxonomia
2.3.4)

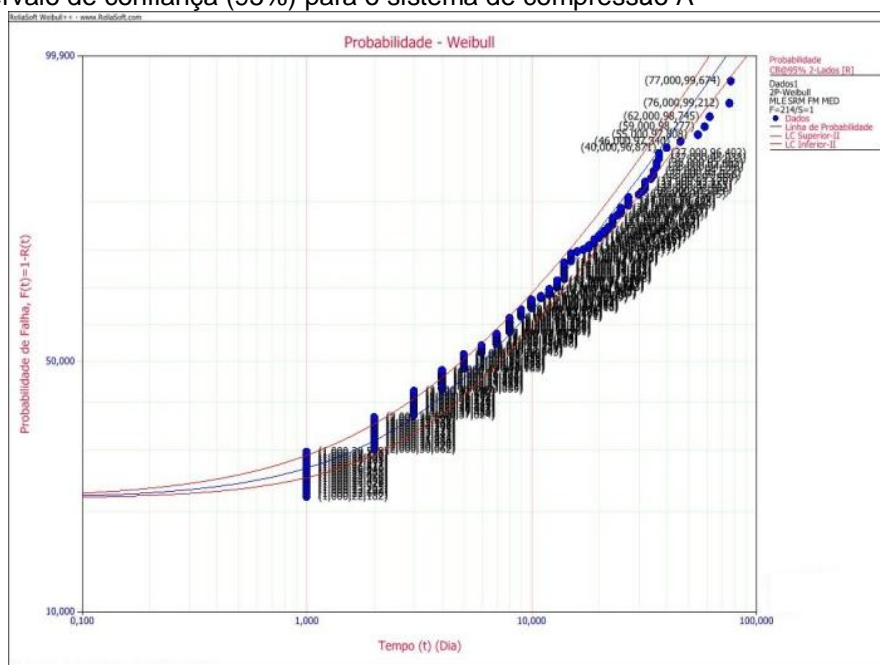
05-() VERIFICAR PROTEÇÃO TÉRMICA DO MOTOR. (taxonomia 2.3.4)

APÊNDICE C

GRÁFICOS ADICIONAIS DO ESTUDO DE CASO

C.1 INTERVALO DE CONFIANÇA (95%) PARA A UNIDADE DE COMPRESSÃO A

Figura C.1 - Intervalo de confiança (95%) para o sistema de compressão A



C.1.1 Compressor A

Figura C.2 - Intervalo de confiança (95%) para o compressor A

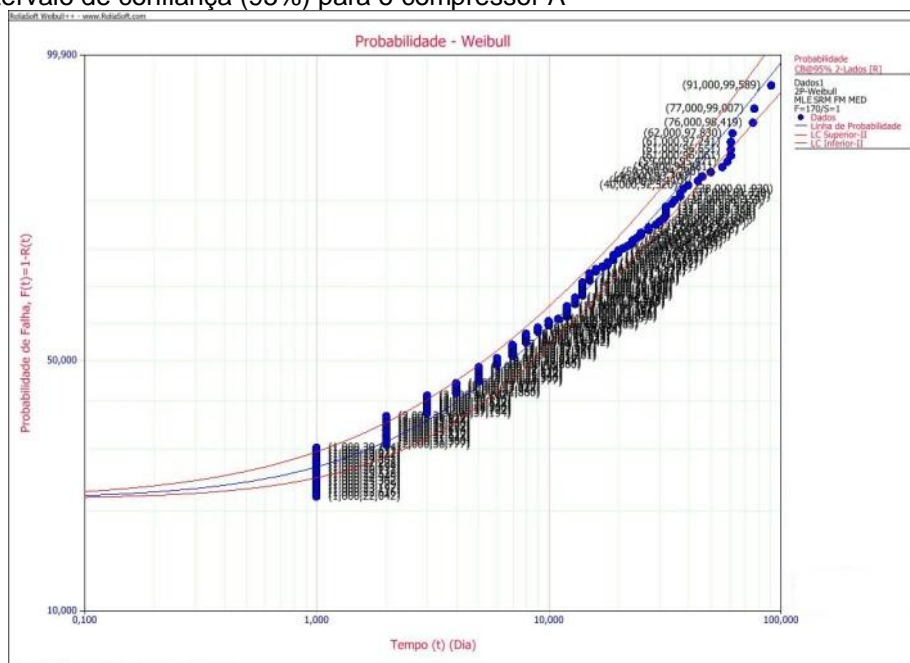


Figura C.3 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.2.9 da Unidade de Compressão A

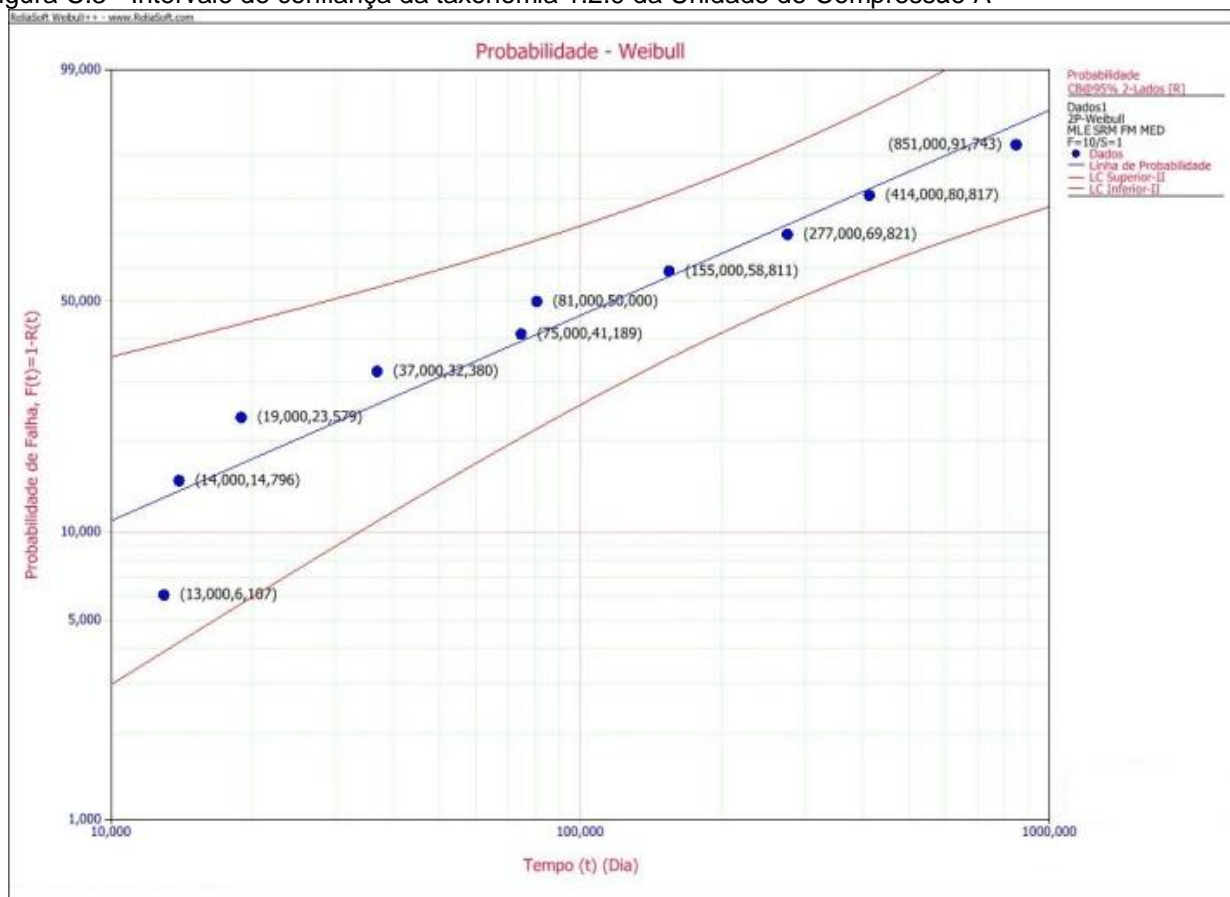


Figura C.4 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.2.13 da Unidade de Compressão A

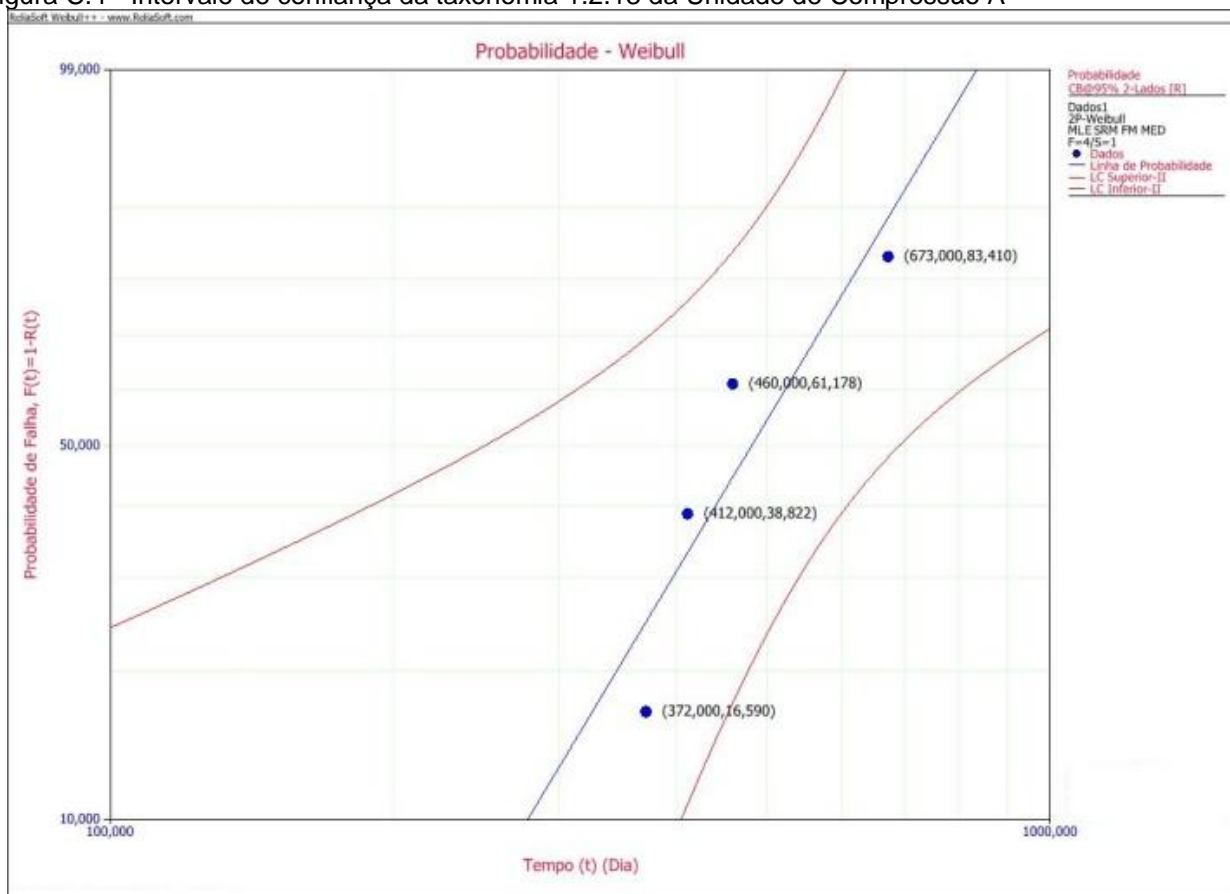


Figura C.5 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.3.6 da Unidade de Compressão A

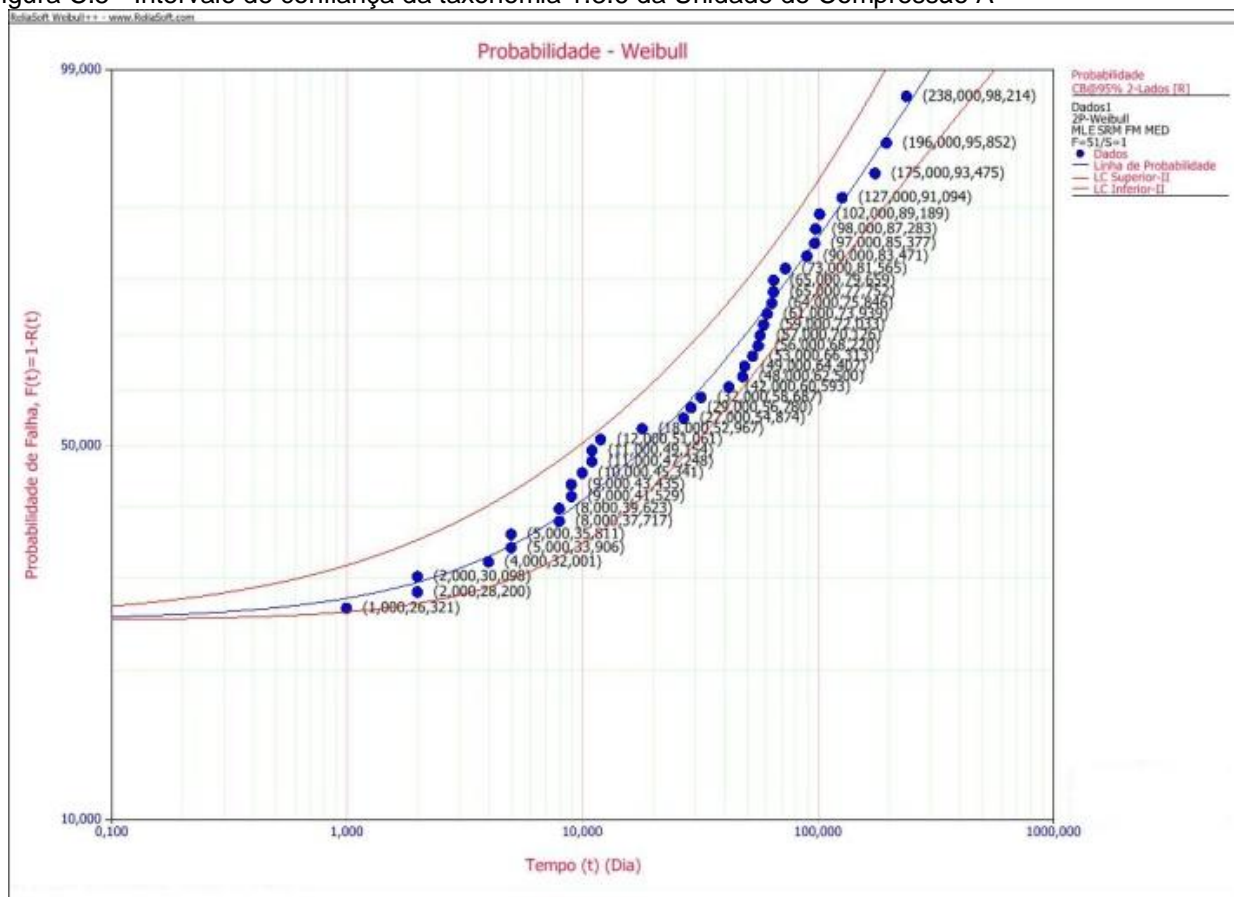


Figura C.7 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.3.8 da Unidade de Compressão A

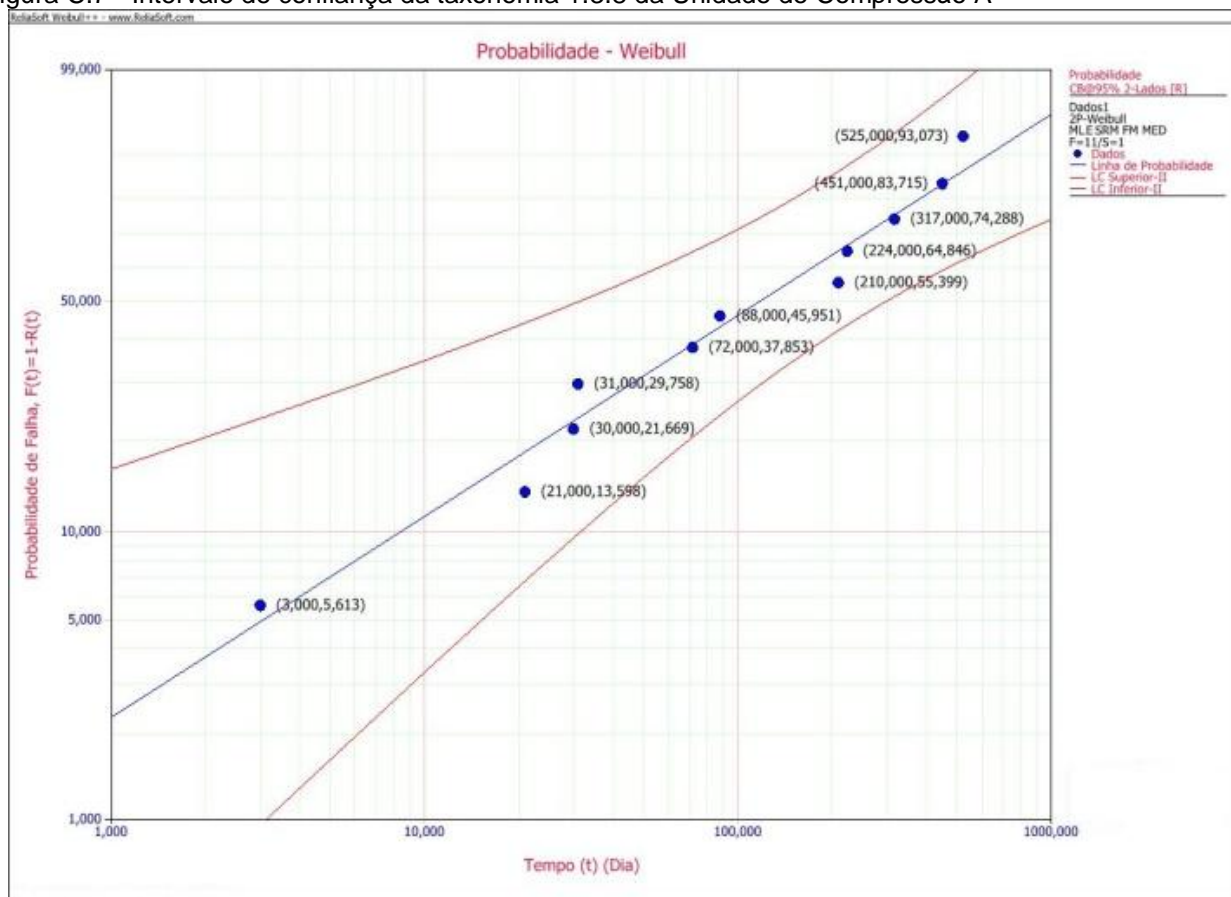


Figura C.8 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.3.9 da Unidade de Compressão A

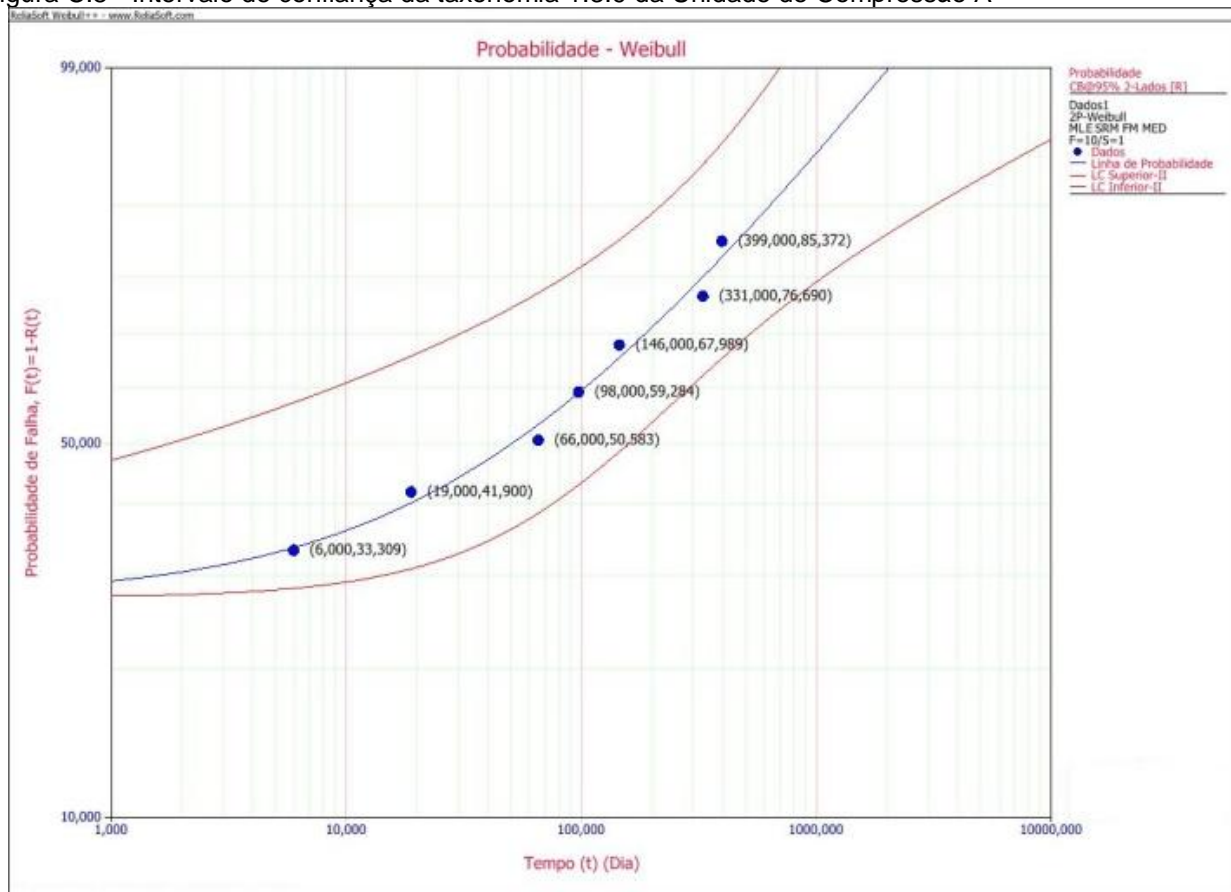


Figura C.9 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.4.9 da Unidade de Compressão A

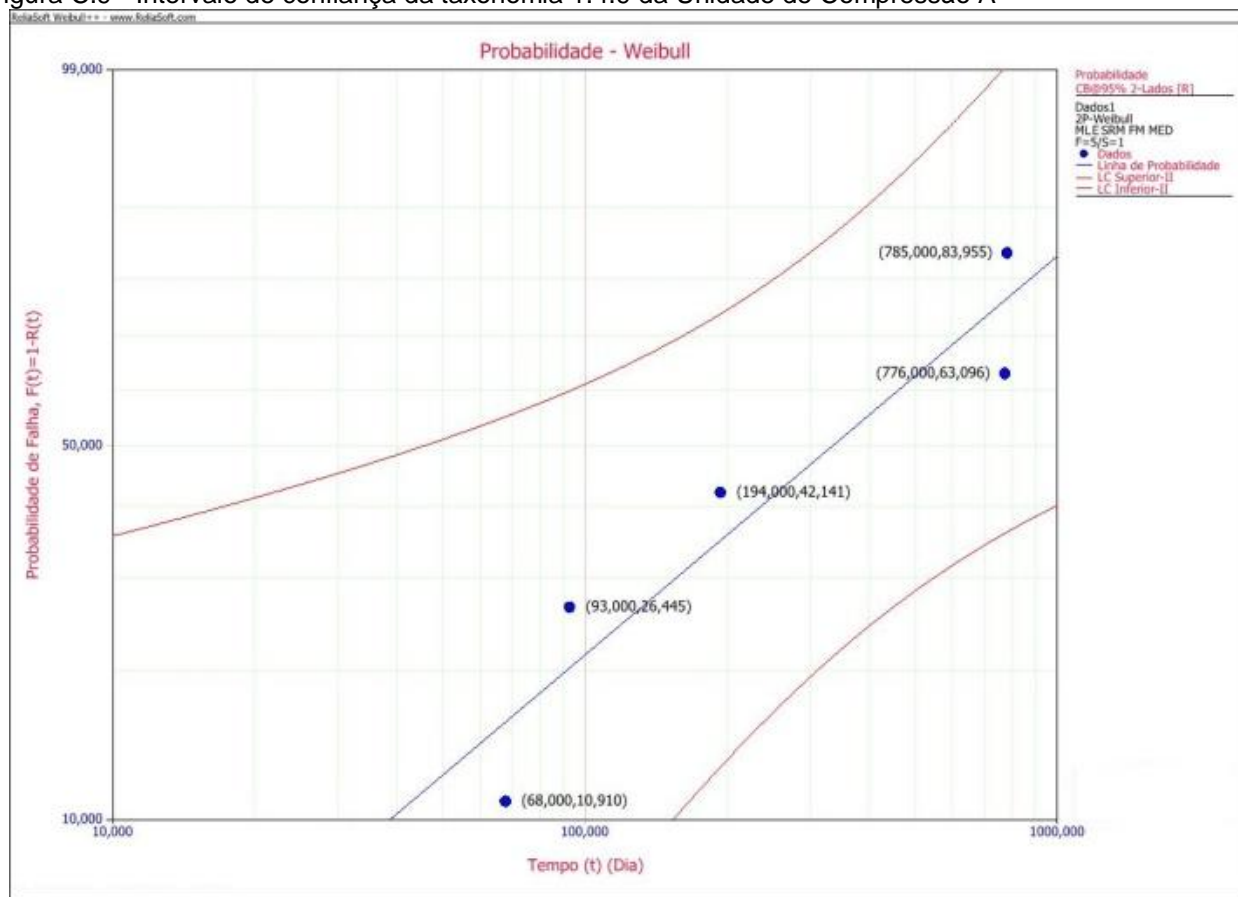


Figura C.10 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.6.2 da Unidade de Compressão A

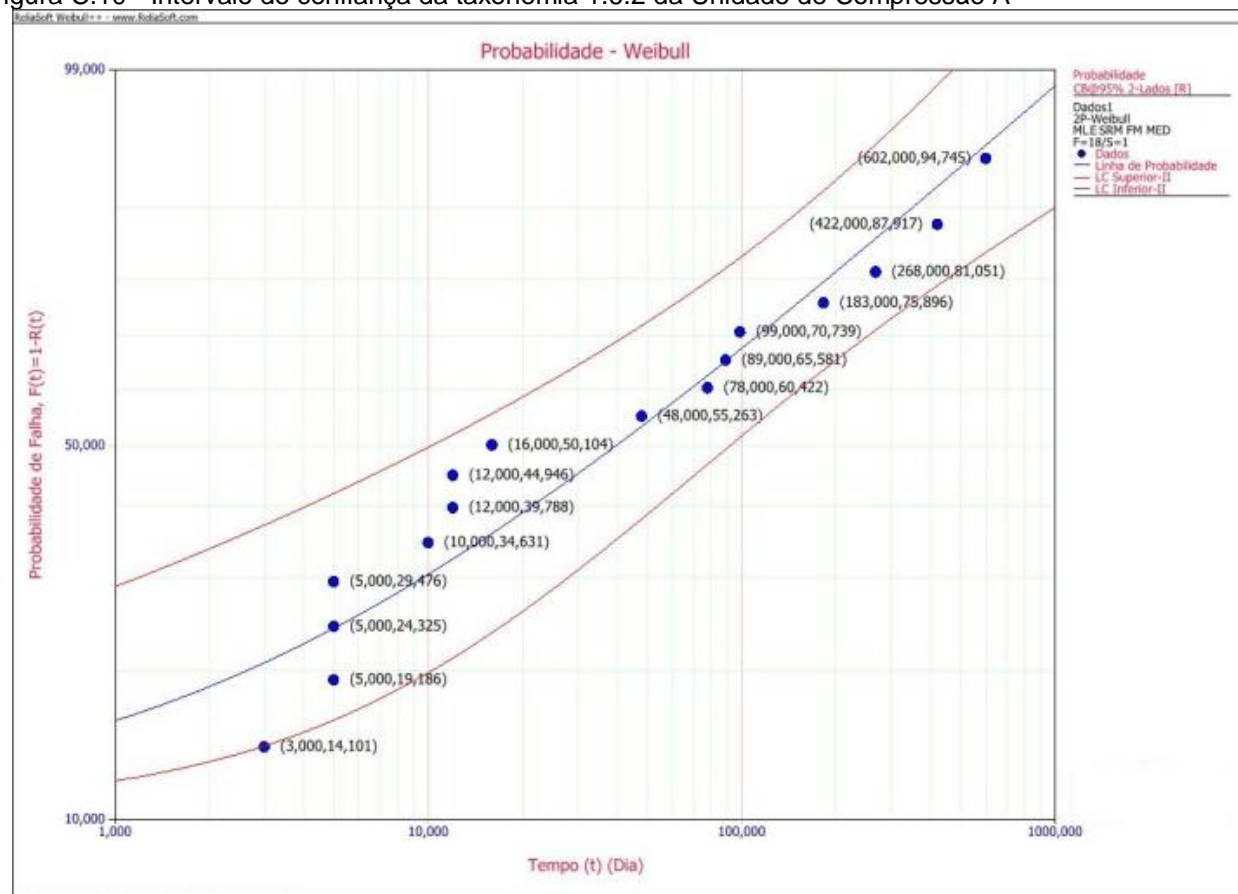


Figura C.11 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.6.3 da Unidade de Compressão A

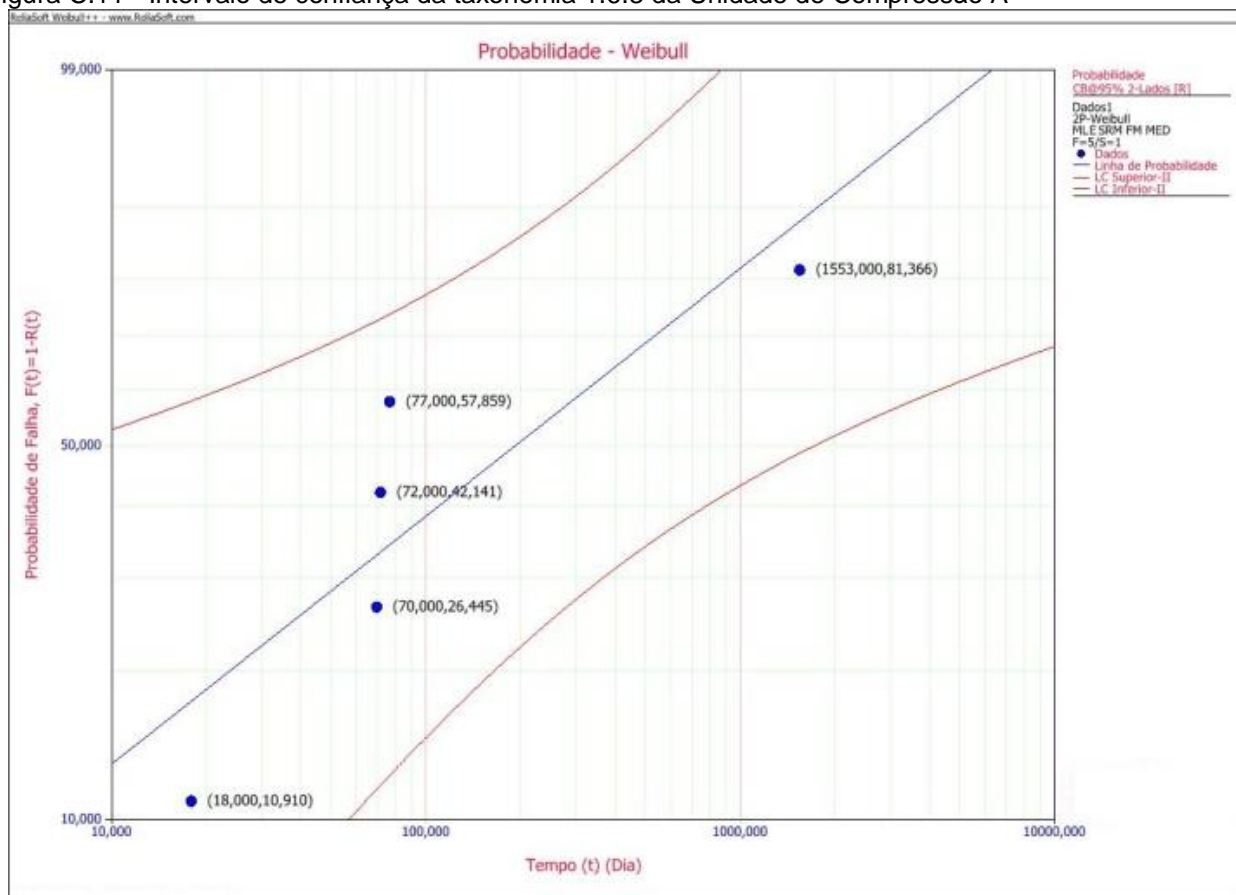


Figura C.12 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.6.4 da Unidade de Compressão A

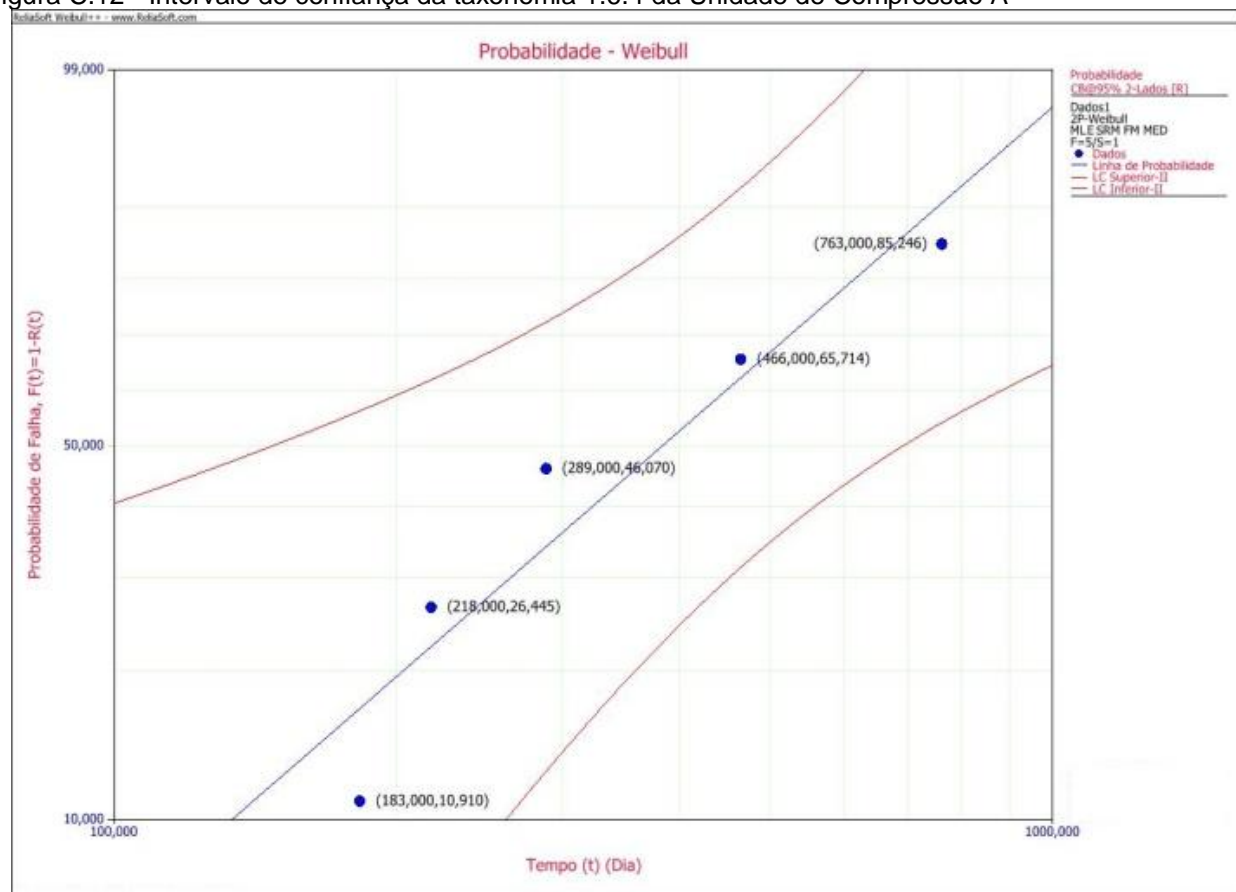
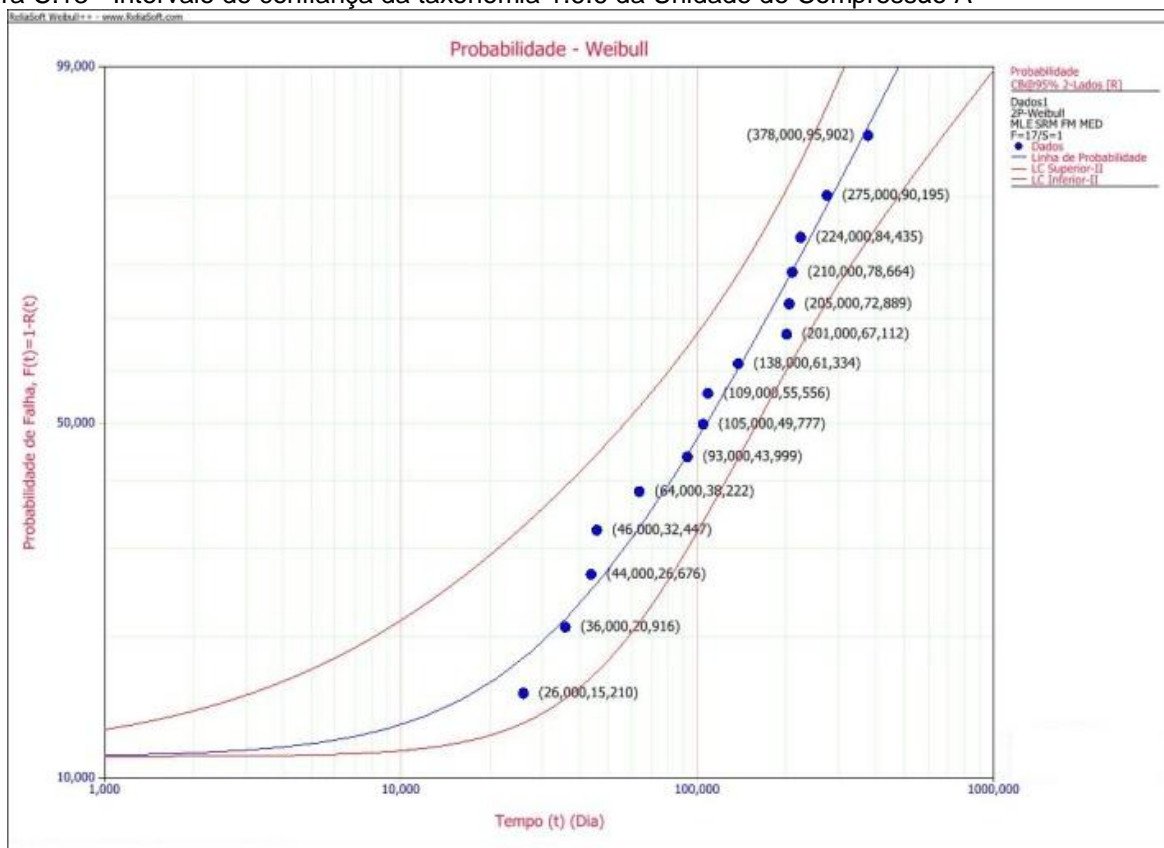


Figura C.13 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.6.6 da Unidade de Compressão A



C.1.2 Motor a Gás A

Figura C.14 - Intervalo de confiança (95%) para o motor a gás A

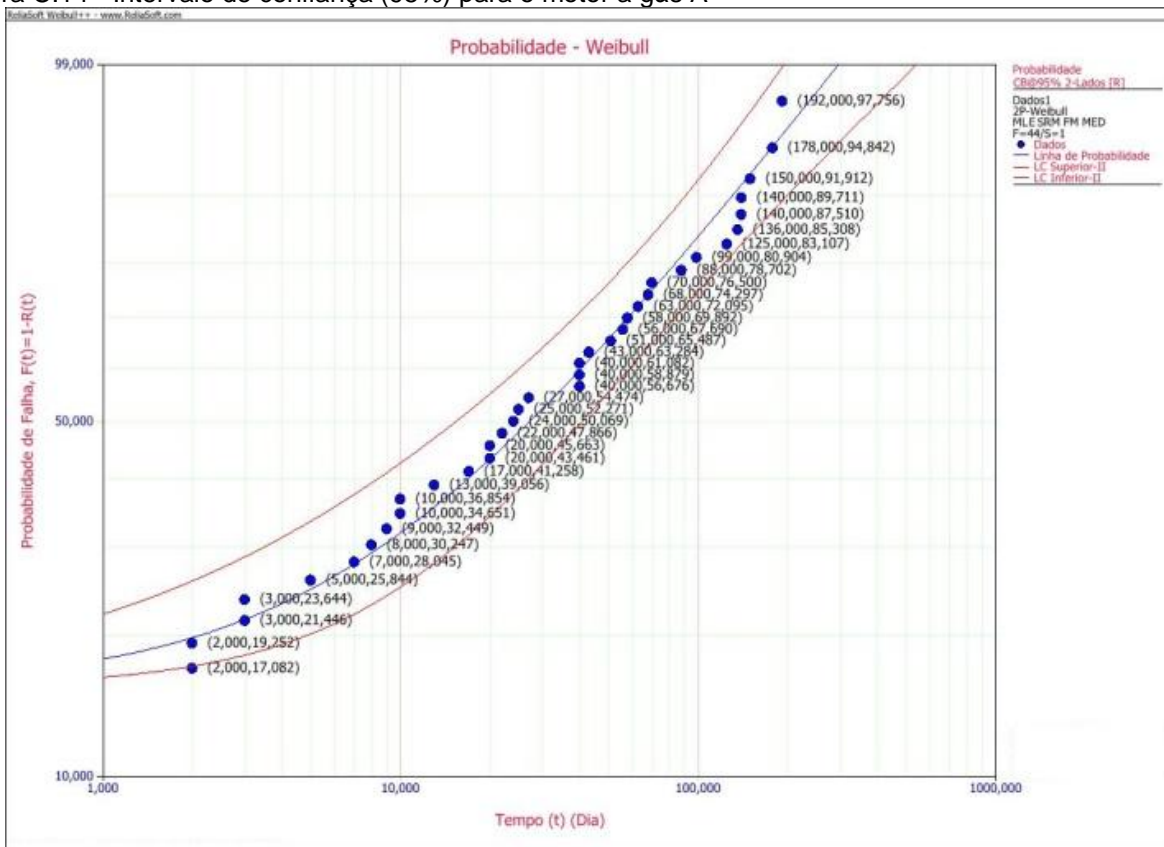


Figura C.15 - Intervalo de confiança da taxonomia 2.1.2 da Unidade de Compressão A

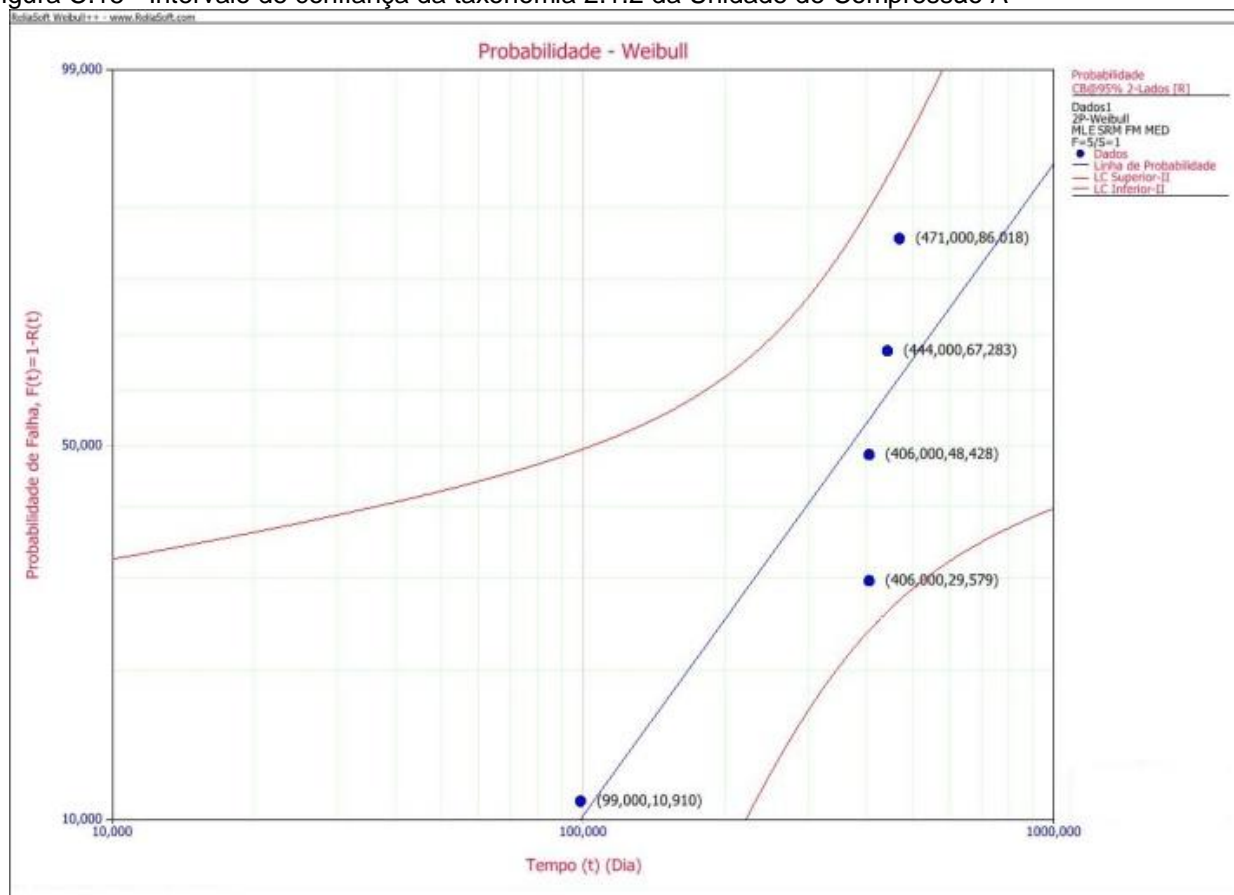


Figura C.16 - Intervalo de confiança da taxonomia 2.2.2 da Unidade de Compressão A

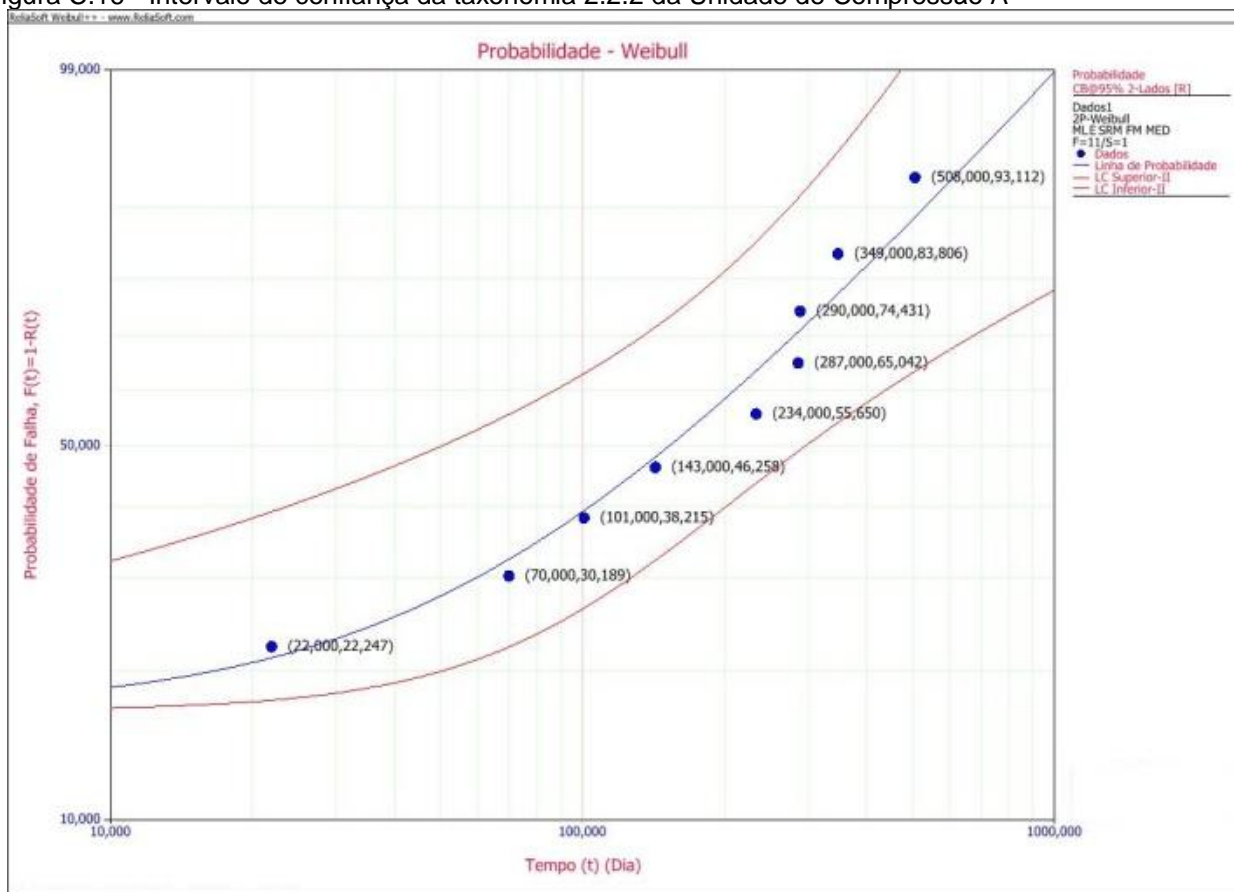


Figura C.17 - Intervalo de confiança da taxonomia 2.2.15 da Unidade de Compressão A

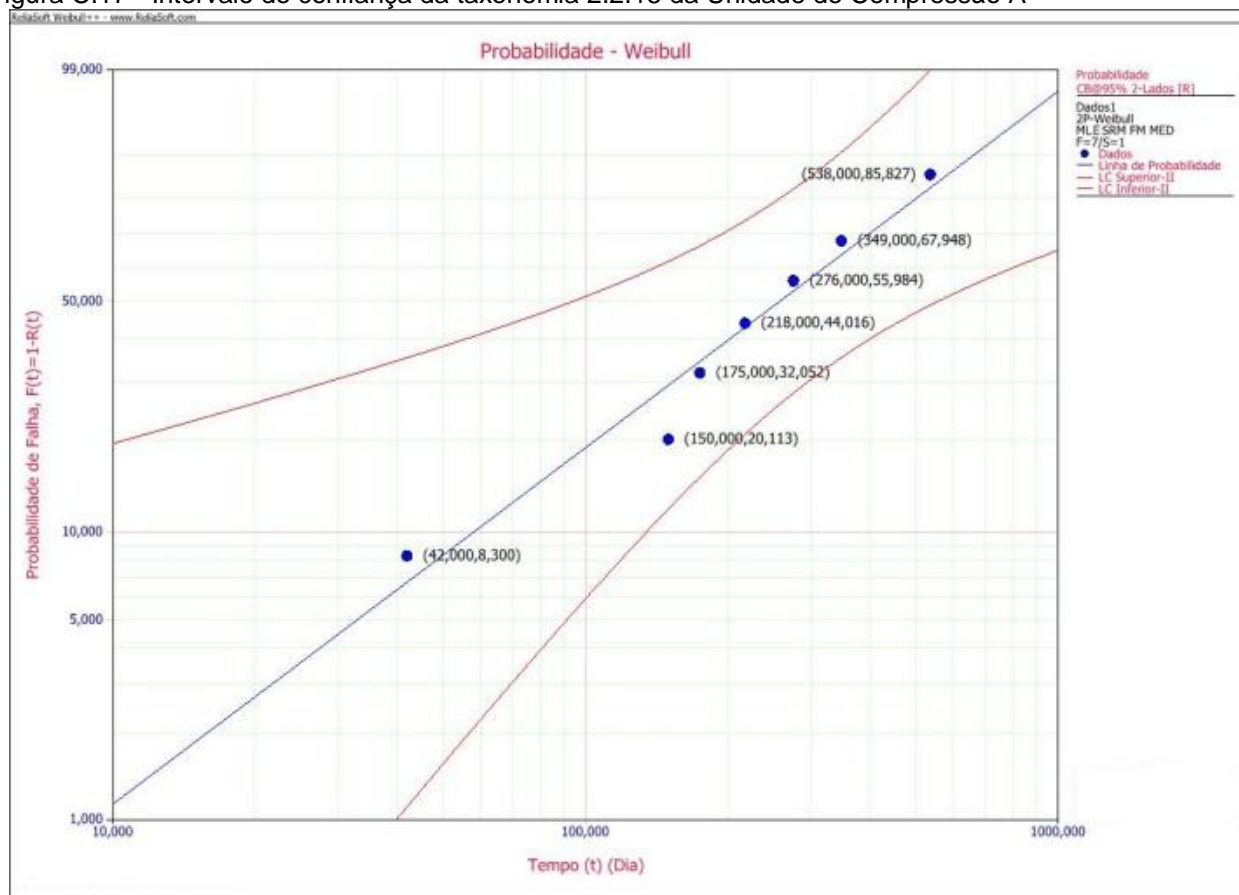
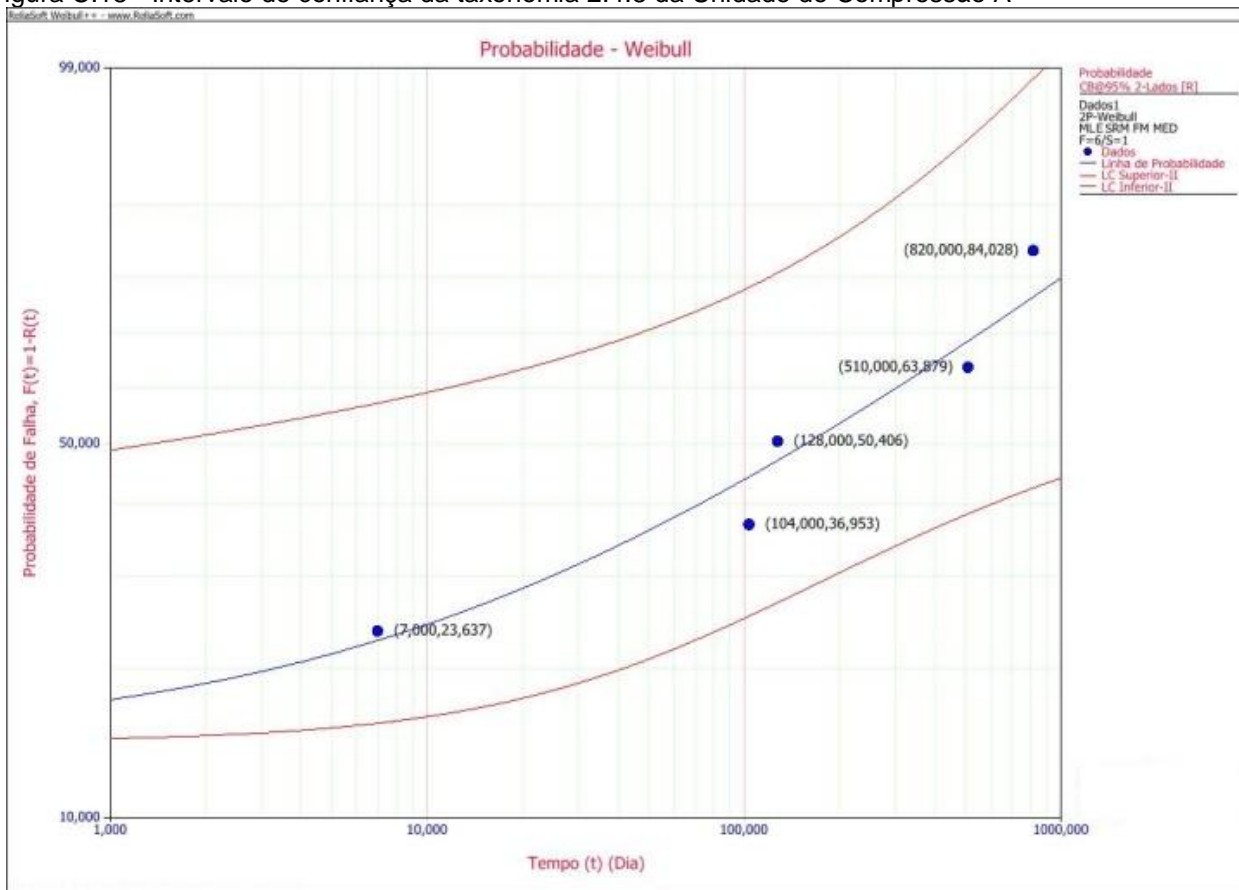
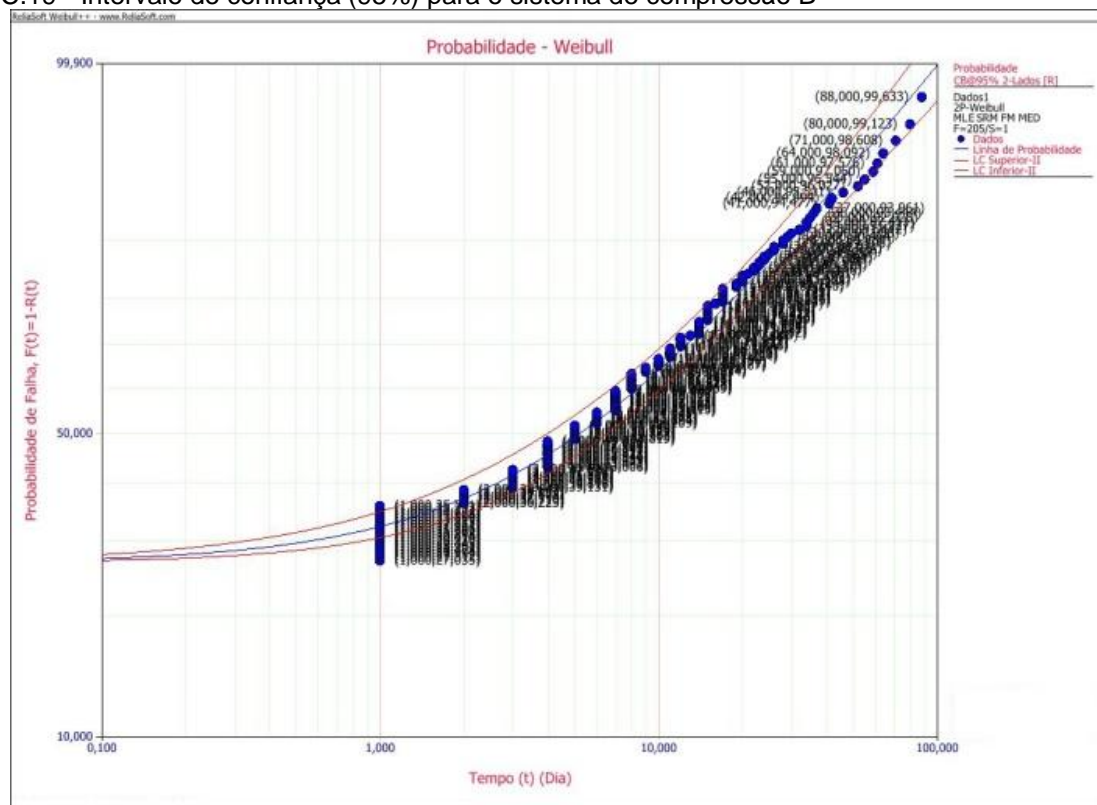


Figura C.18 - Intervalo de confiança da taxonomia 2.4.8 da Unidade de Compressão A



C.2 INTERVALO DE CONFIANÇA (95%) PARA A UNIDADE DE COMPRESSÃO B

Figura C.19 - Intervalo de confiança (95%) para o sistema de compressão B



C.2.1 Compressor B

Figura C.20 - Intervalo de confiança (95%) para o compressor B

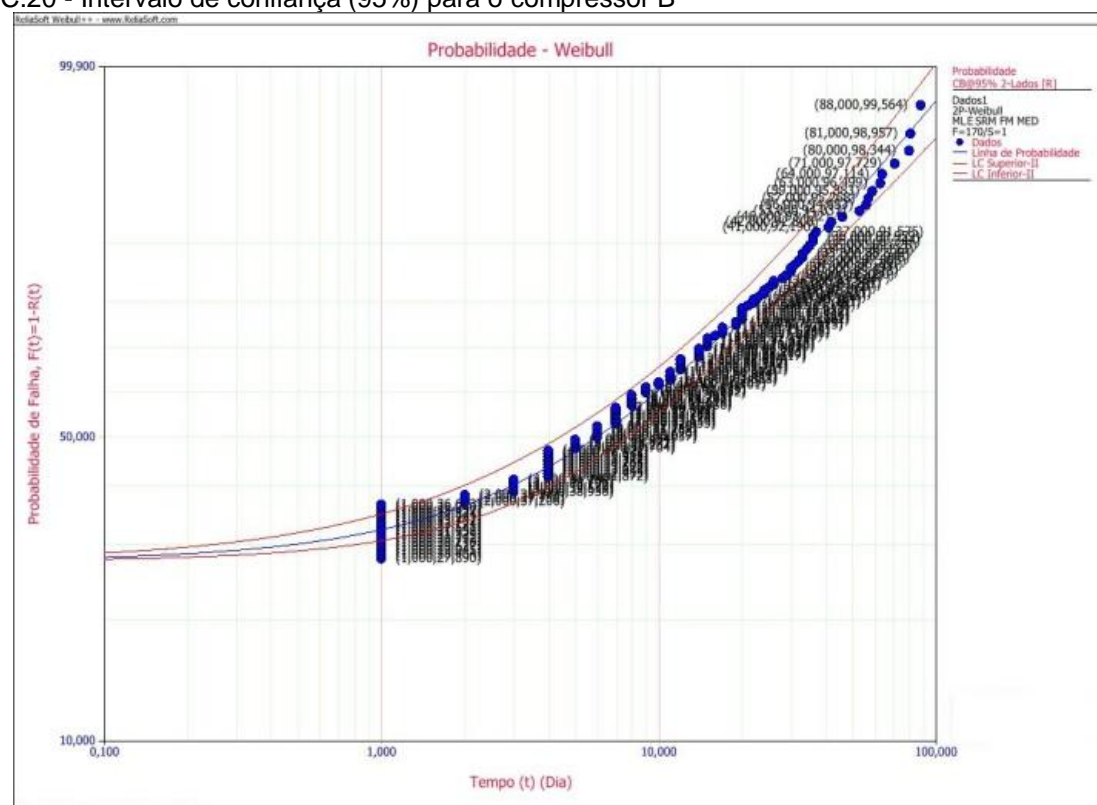


Figura C.21 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.2.9 da Unidade de Compressão B

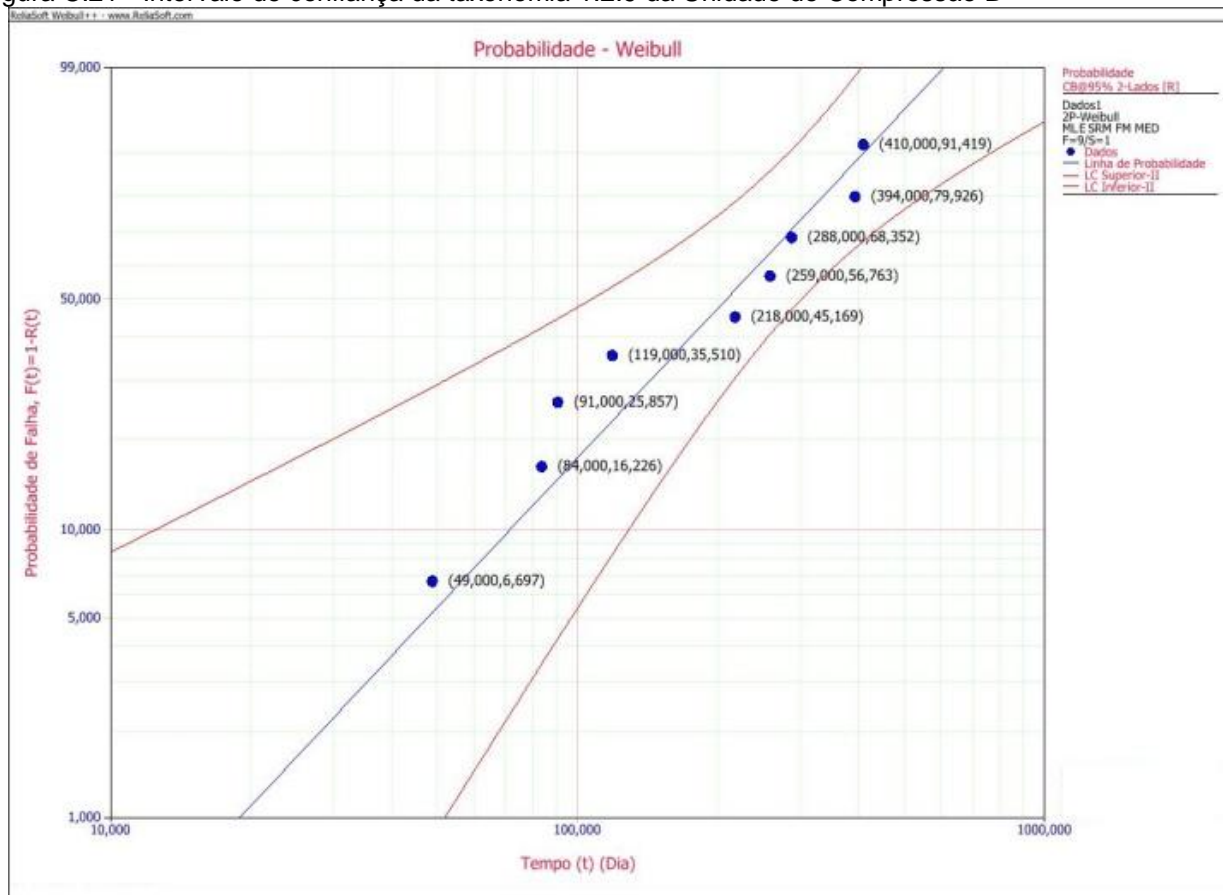


Figura C.22 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.3.6 da Unidade de Compressão B

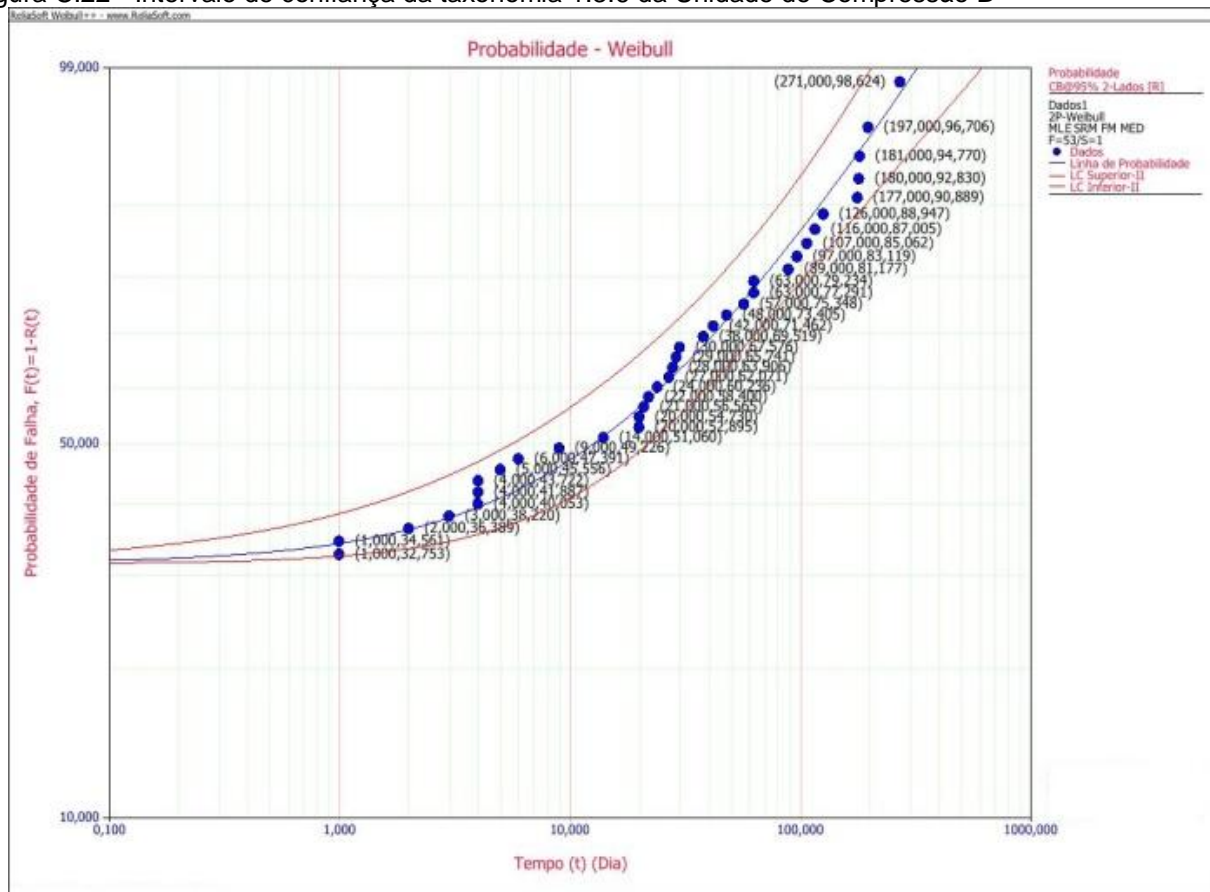


Figura C.23 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.3.7 da Unidade de Compressão B

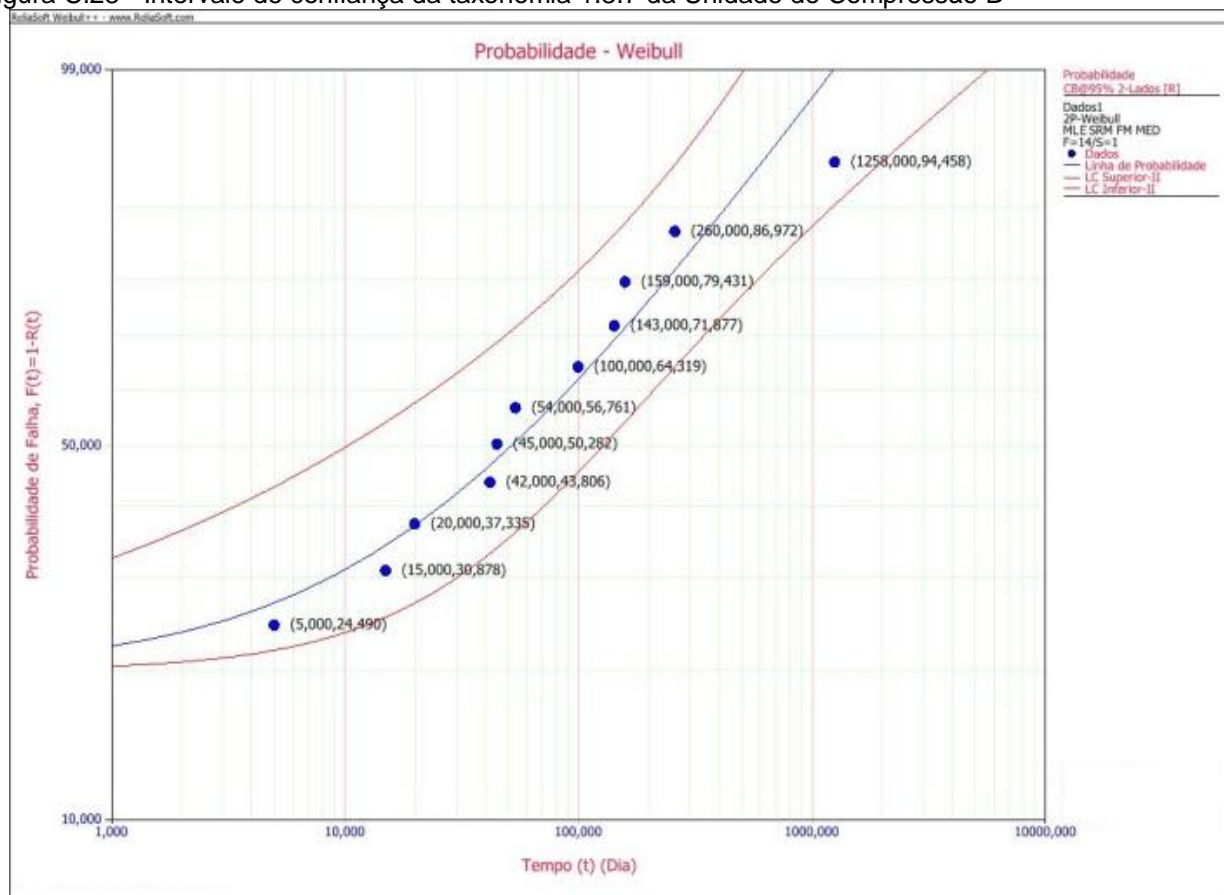


Figura C.24 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.3.9 da Unidade de Compressão B

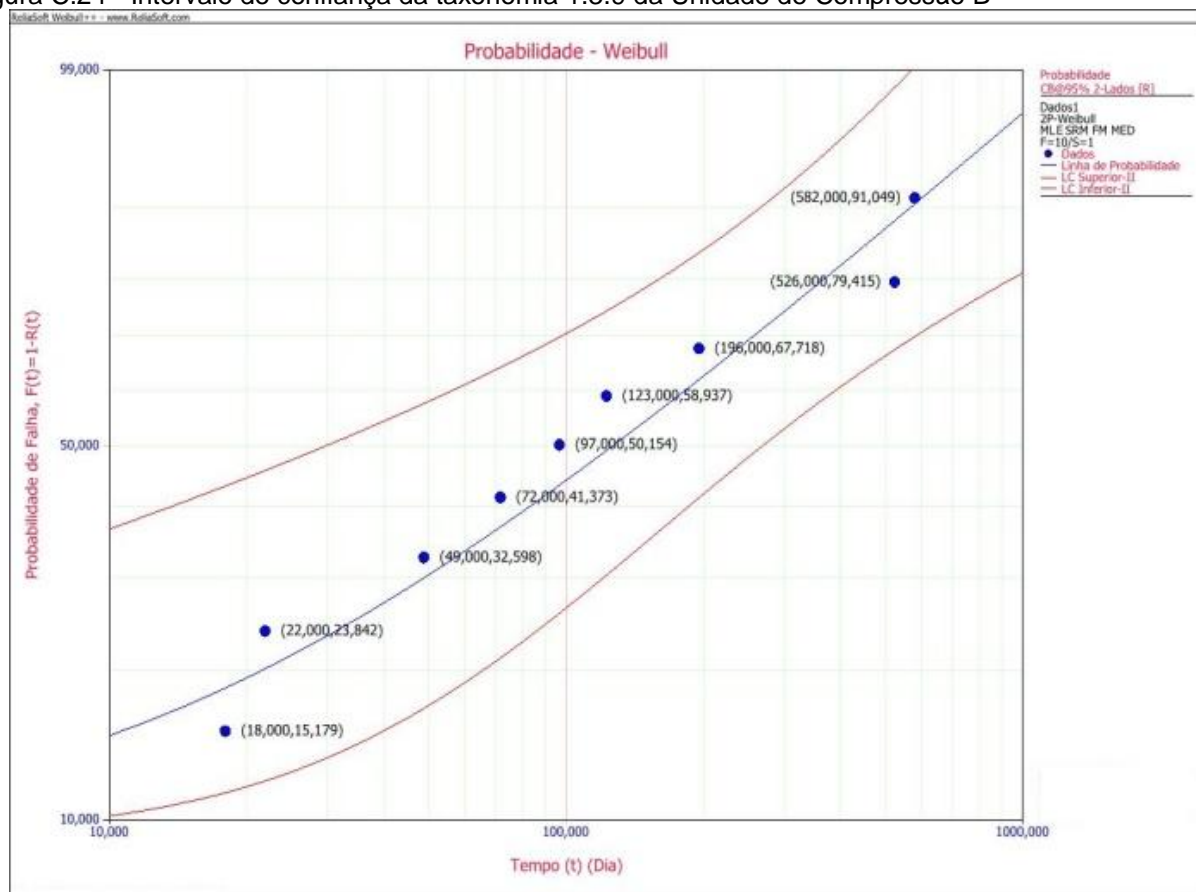


Figura C.25 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.4.3 da Unidade de Compressão B

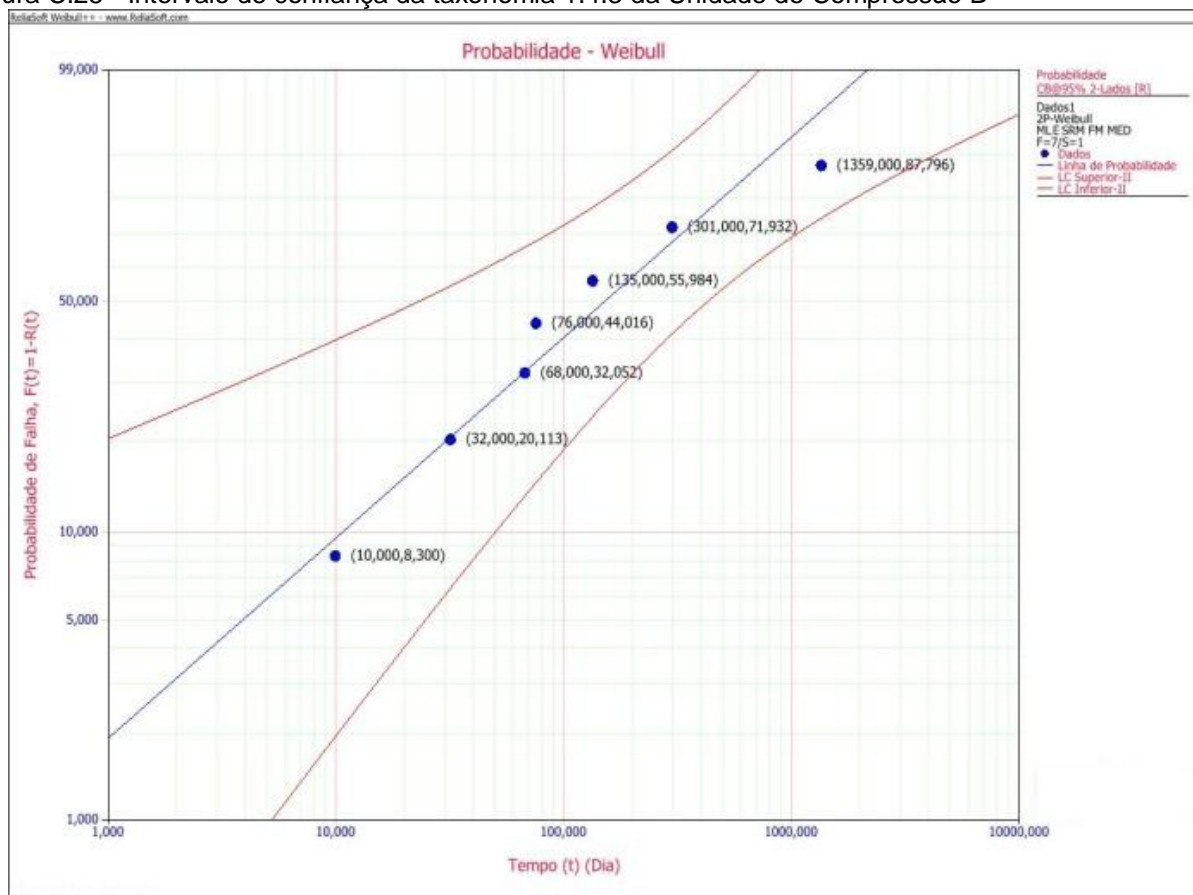


Figura C.26 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.4.5 da Unidade de Compressão B

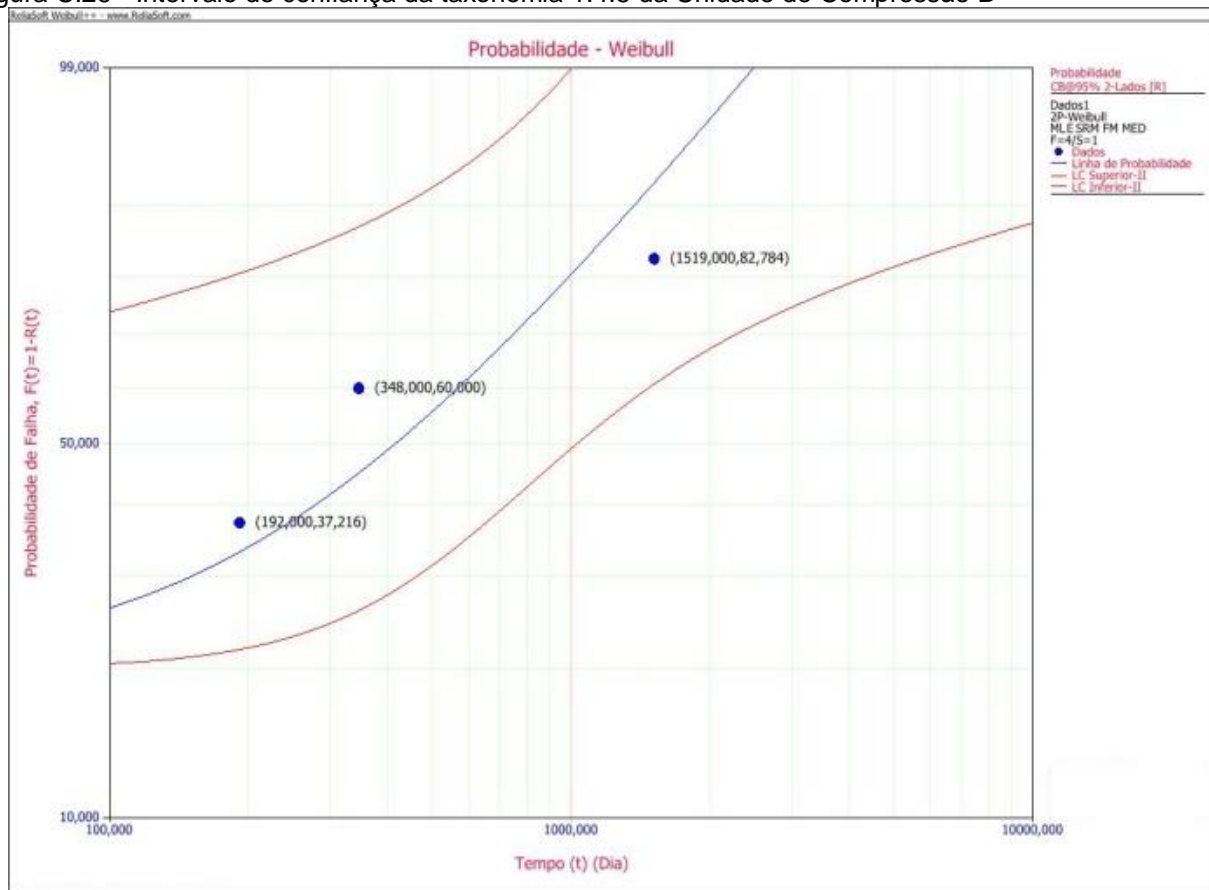


Figura C.27 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.4.6 da Unidade de Compressão B

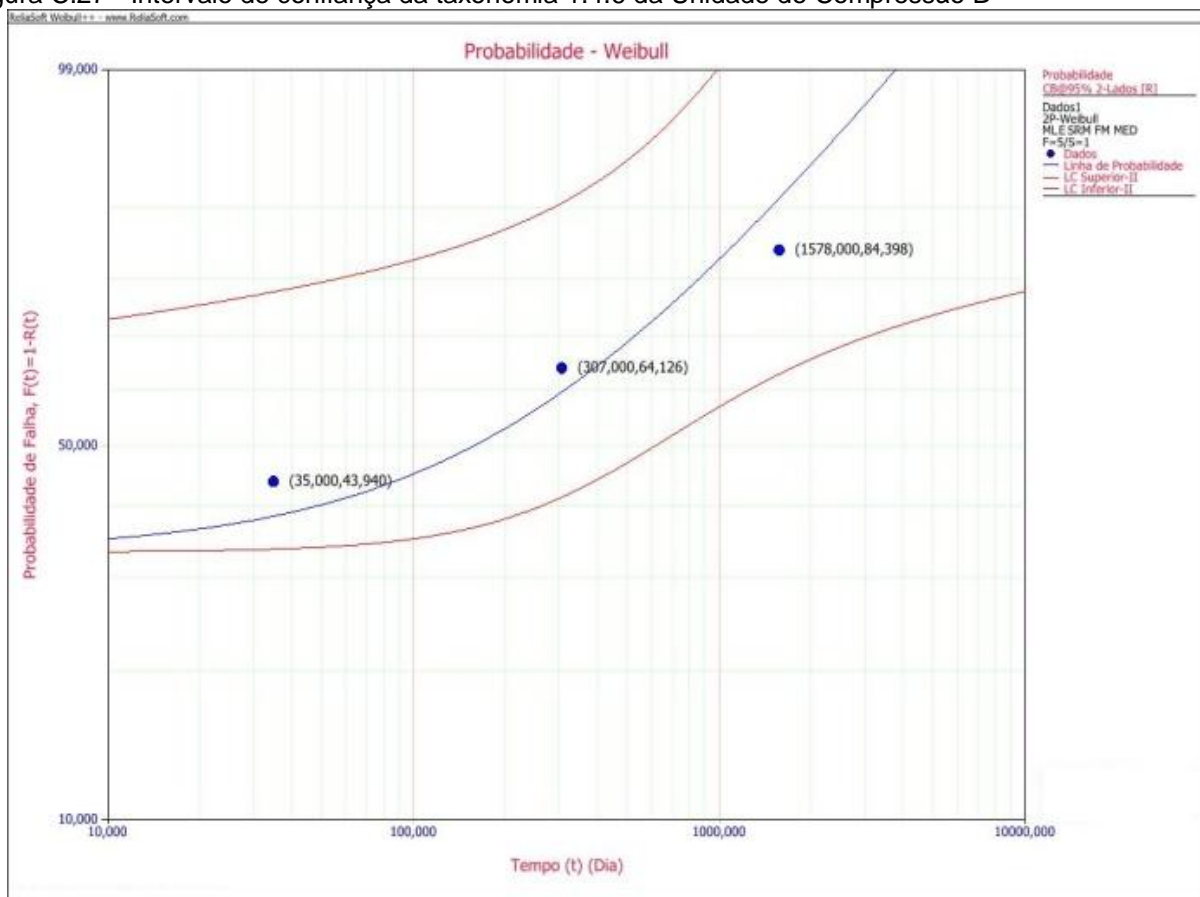


Figura C.28 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.6.2 da Unidade de Compressão B

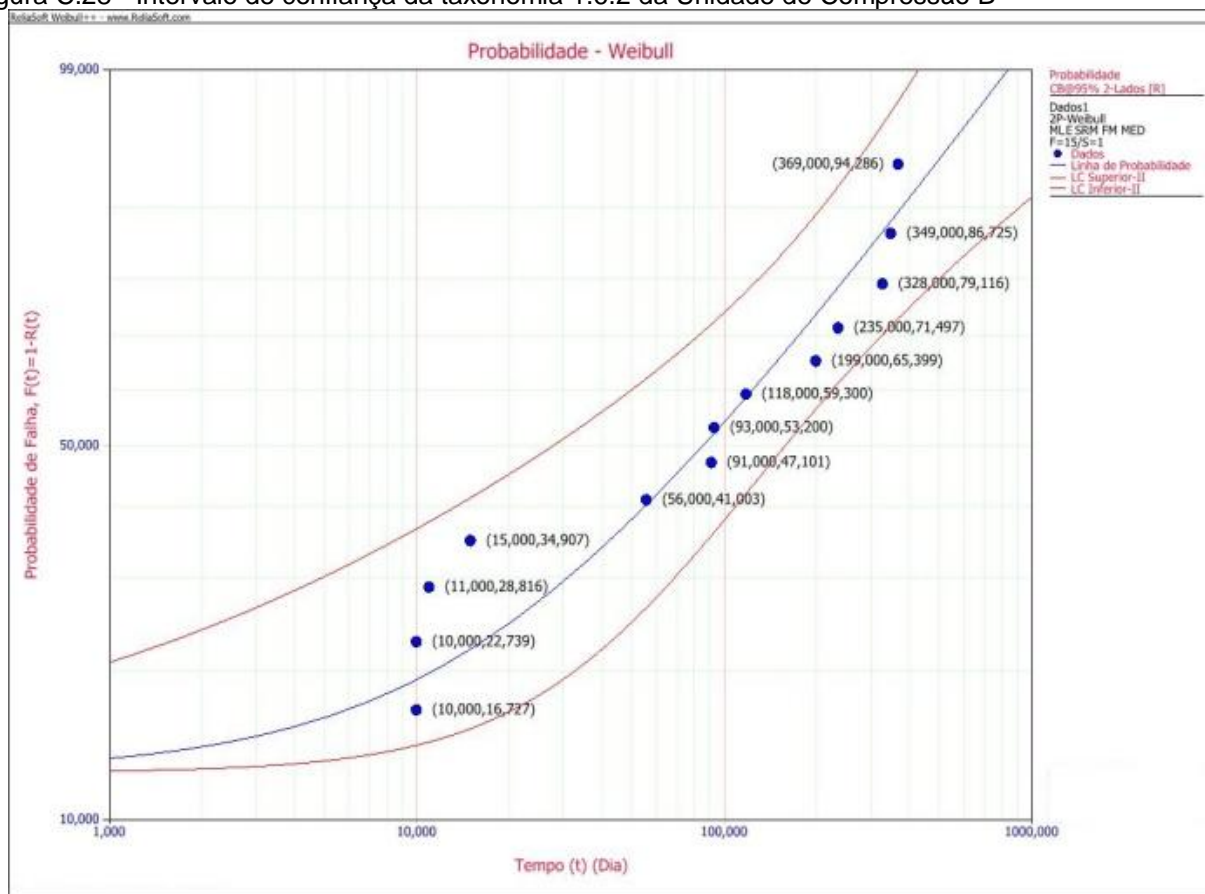


Figura C.29 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.6.3 da Unidade de Compressão B

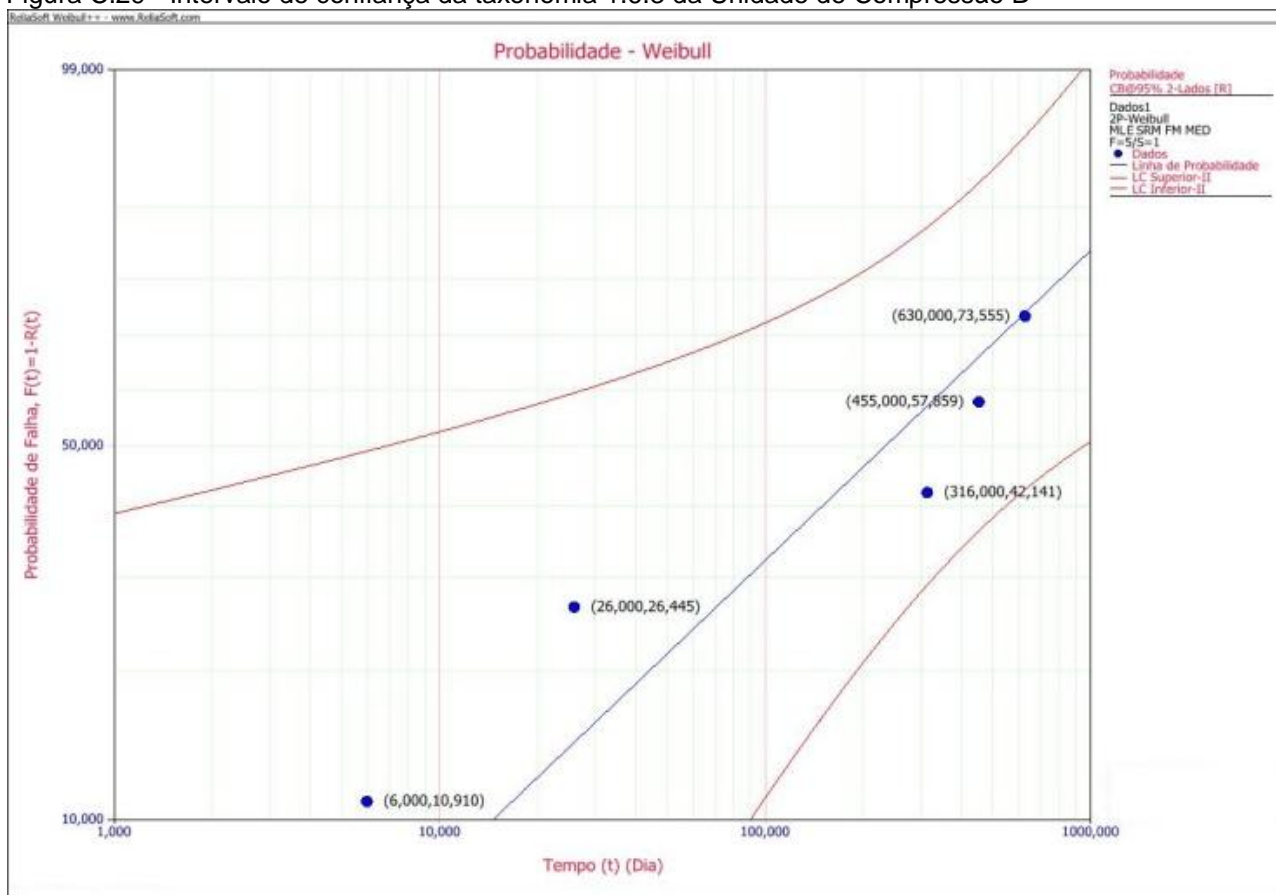


Figura C.30 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.6.4 da Unidade de Compressão B

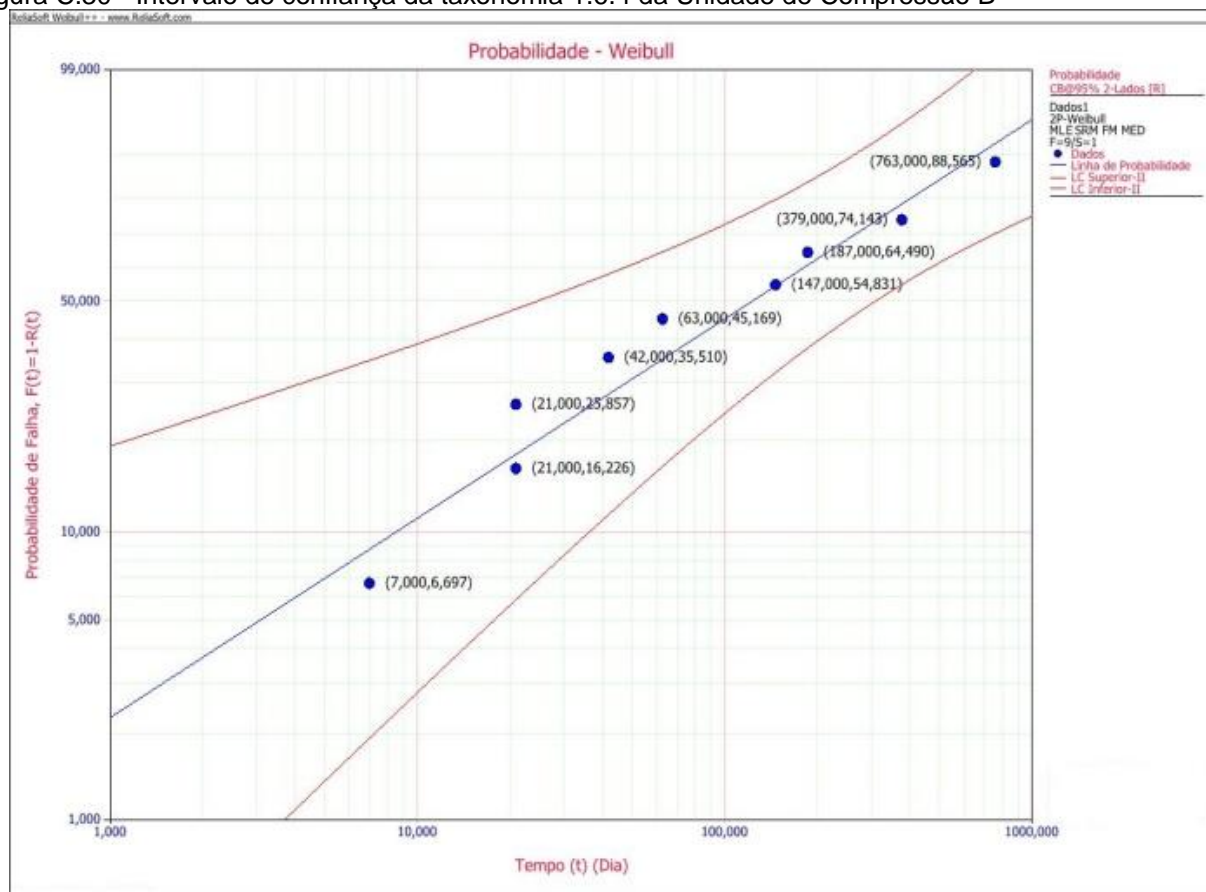
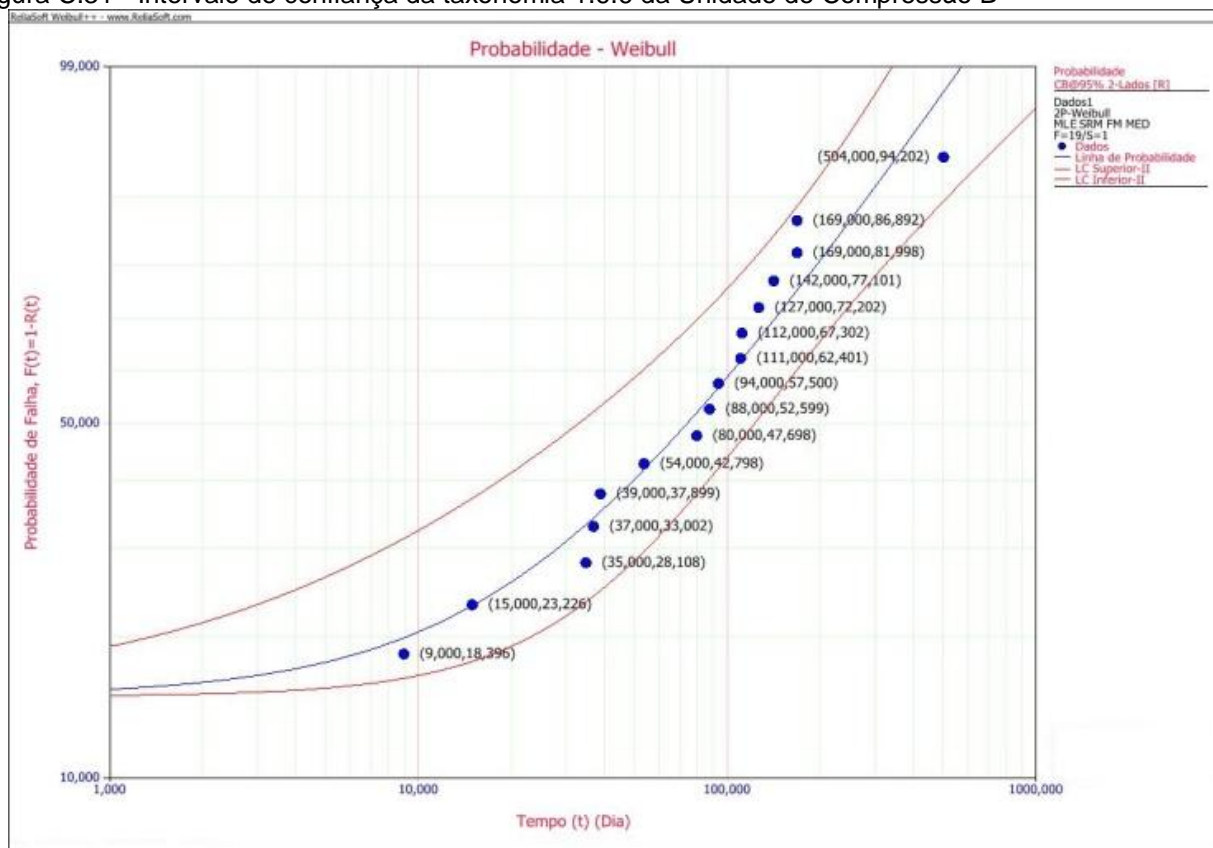


Figura C.31 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.6.6 da Unidade de Compressão B



C.2.2 Motor a Gás B

Figura C.32 - Intervalo de confiança (95%) para o motor a gás B

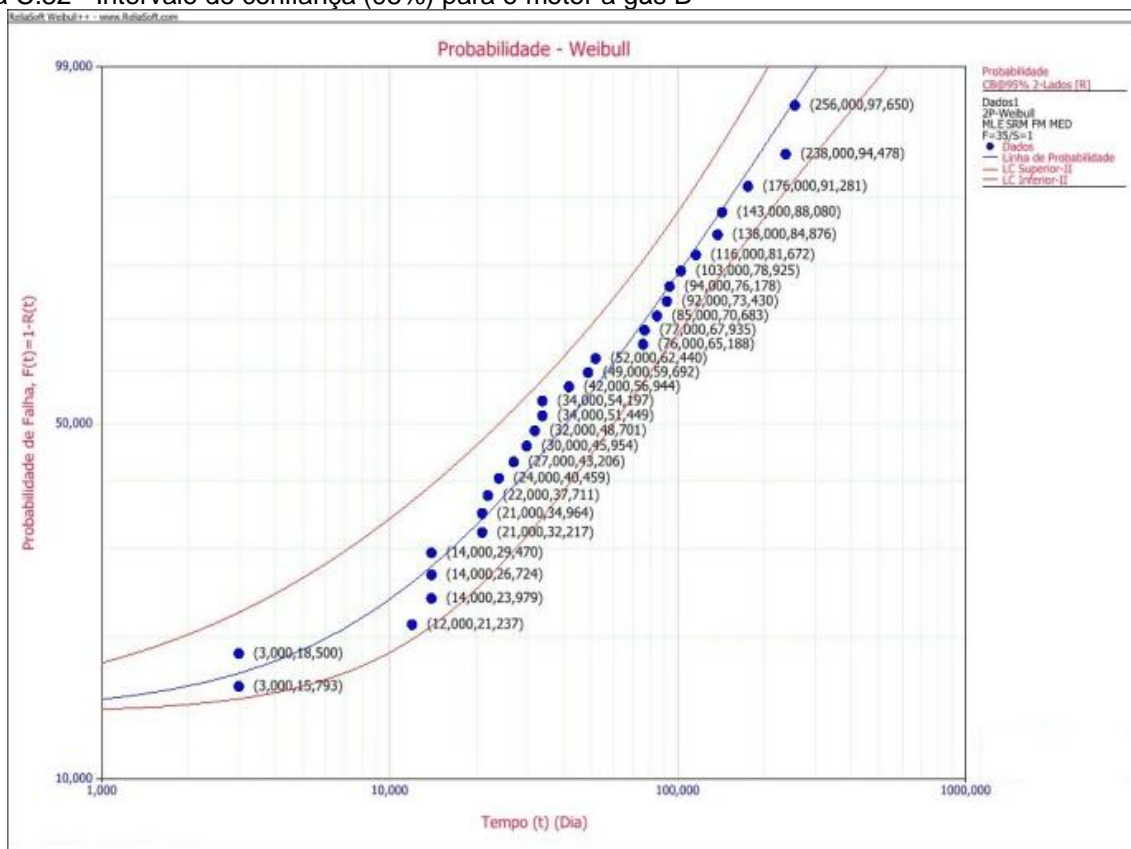


Figura C.33 - Intervalo de confiança da taxonomia 2.2.2 da Unidade de Compressão B

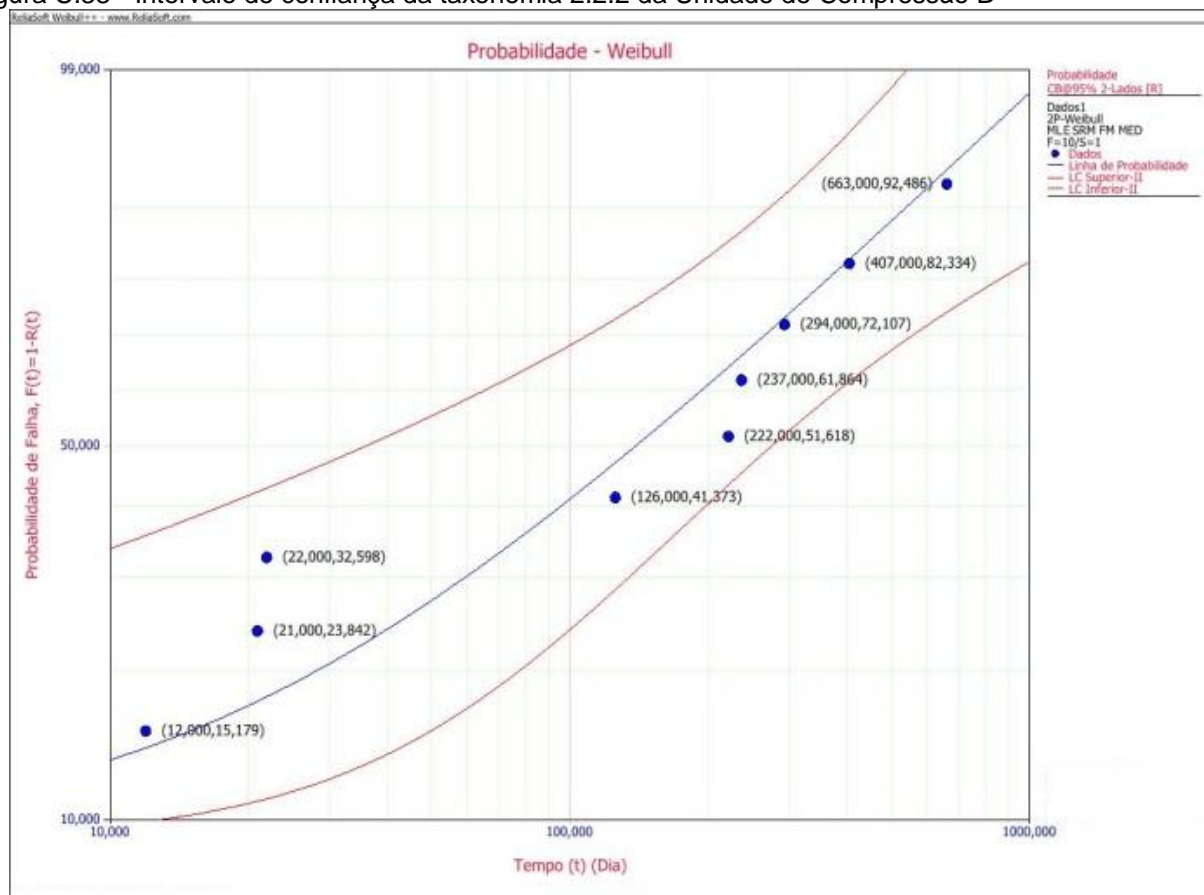


Figura C.34 - Intervalo de confiança da taxonomia 2.2.15 da Unidade de Compressão B

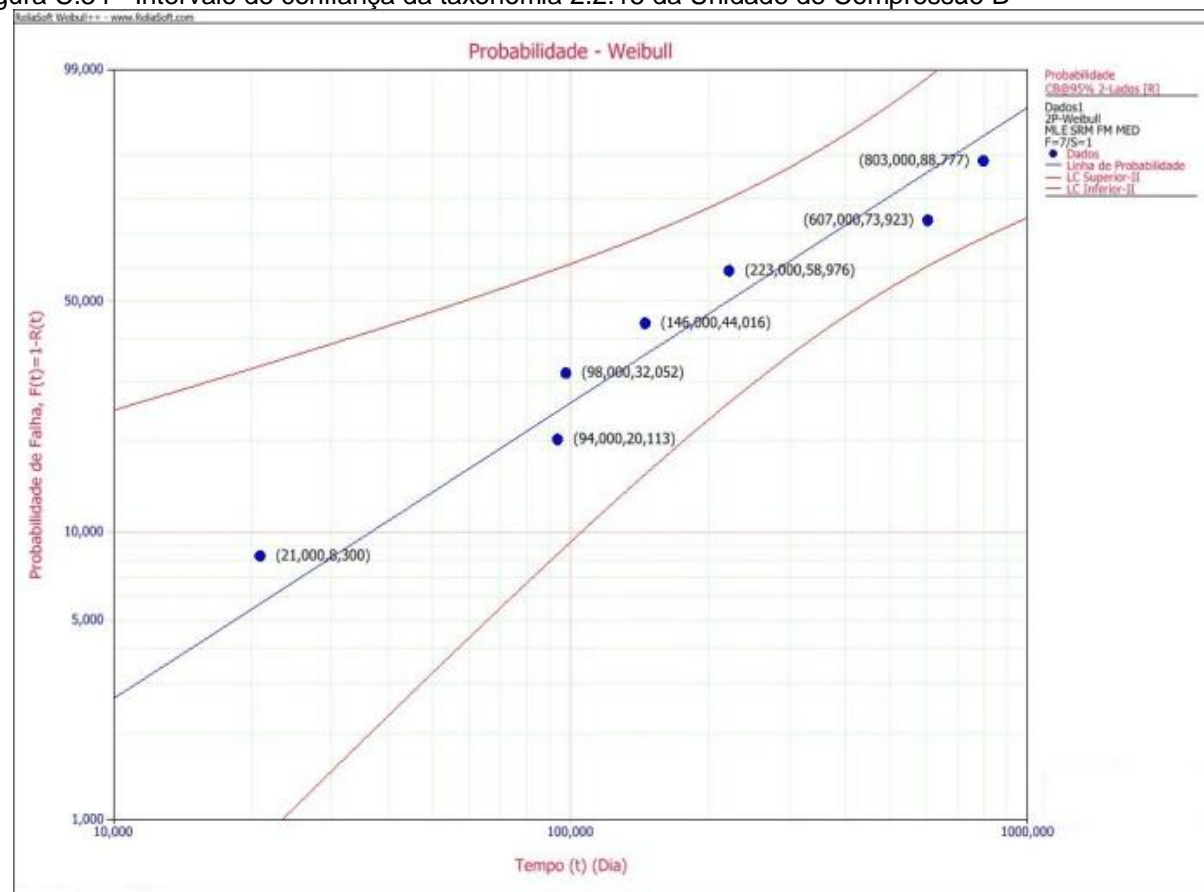
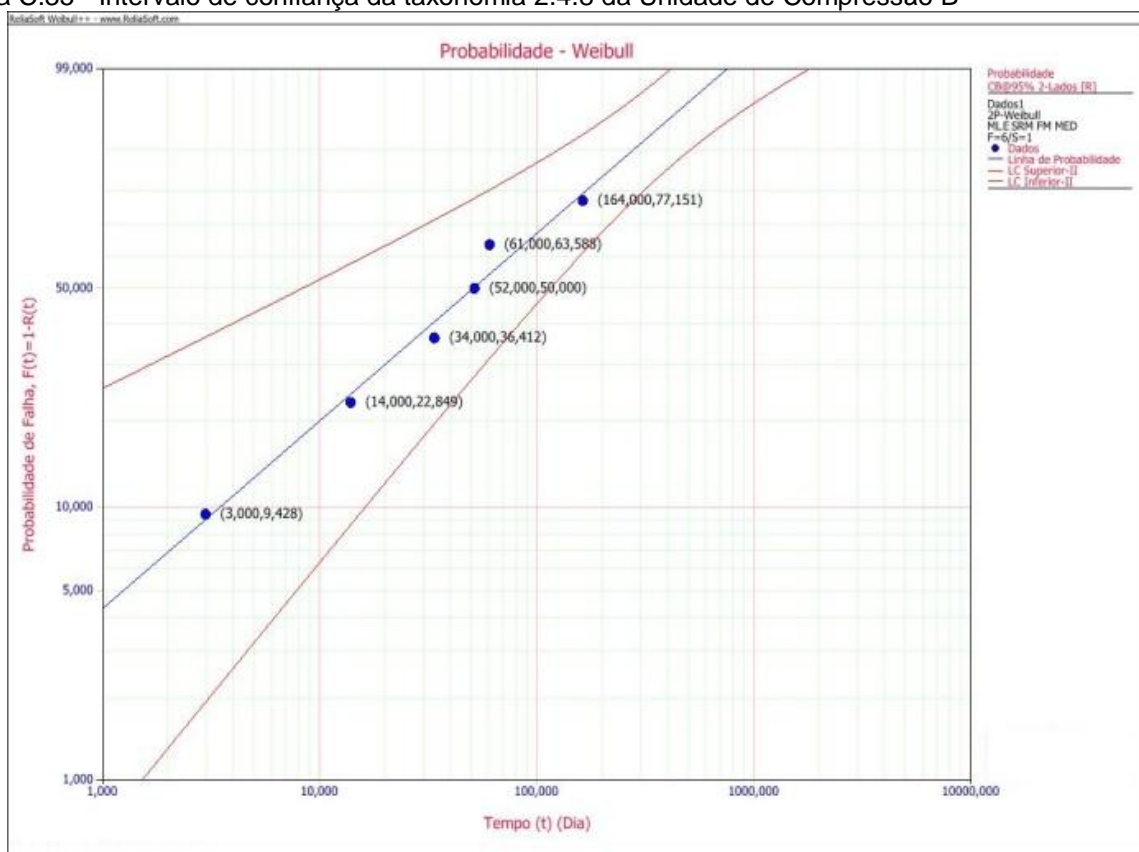


Figura C.35 - Intervalo de confiança da taxonomia 2.4.8 da Unidade de Compressão B



C.3 INTERVALO DE CONFIANÇA (95%) PARA A UNIDADE DE COMPRESSÃO C

Figura C.36 - Intervalo de confiança (95%) para o sistema de compressão C

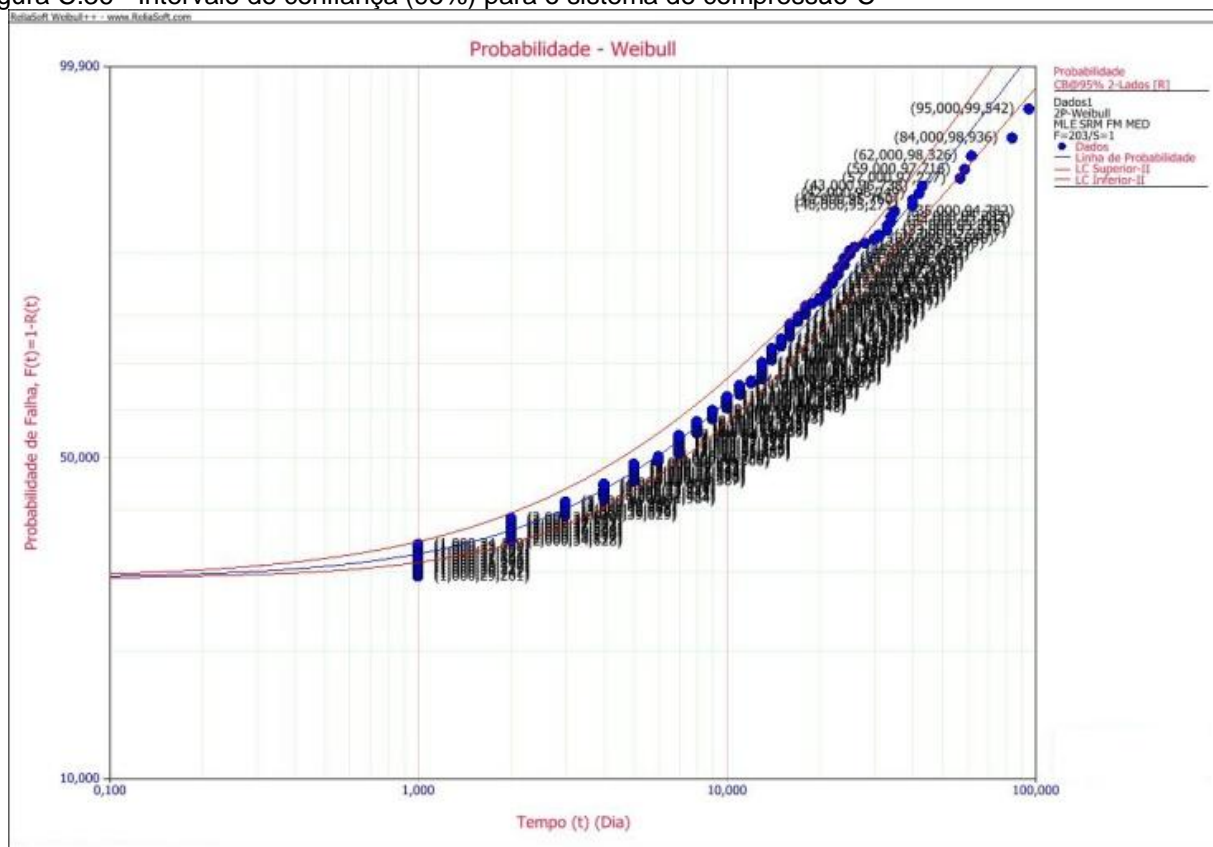


Figura C.39 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.3.7 da Unidade de Compressão C

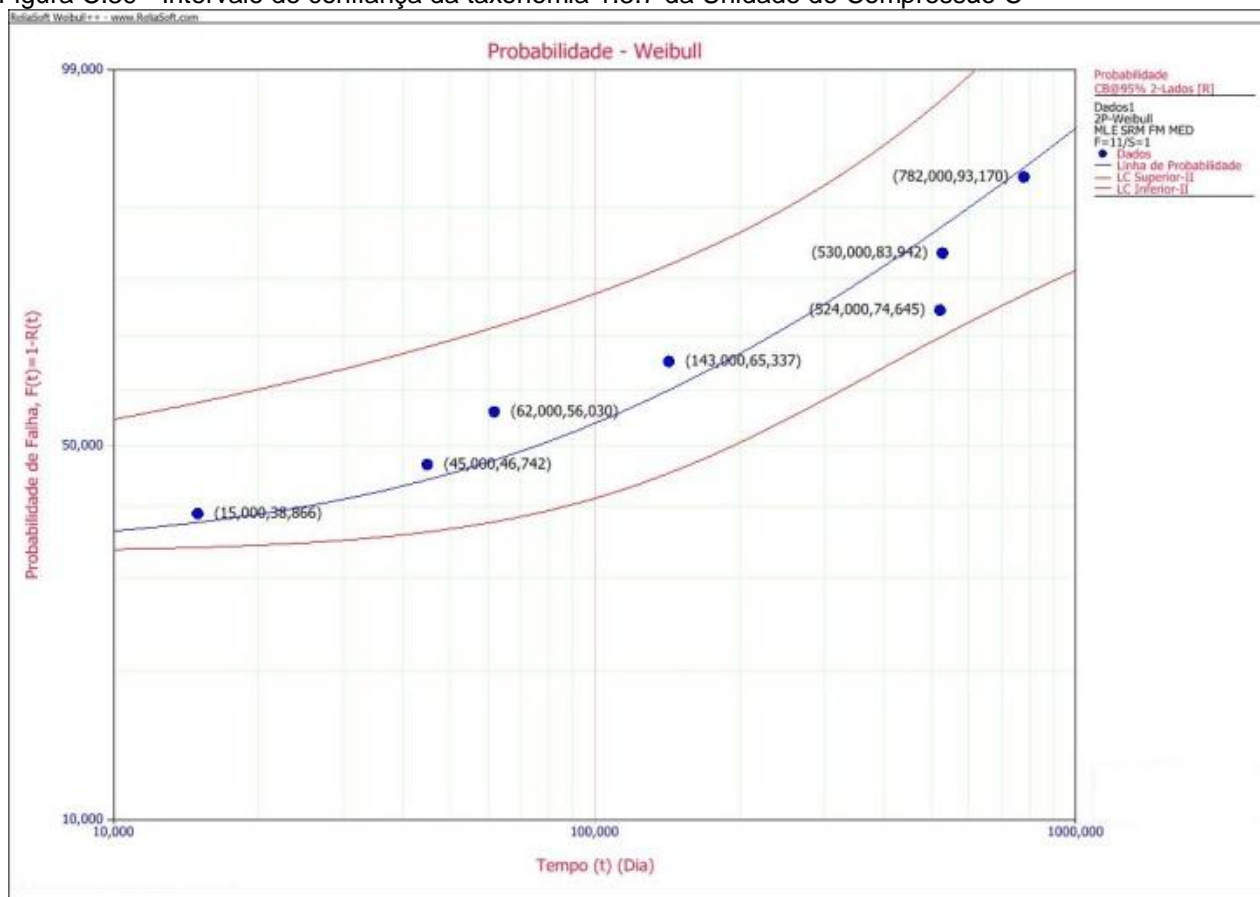


Figura C.40 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.3.9 da Unidade de Compressão C

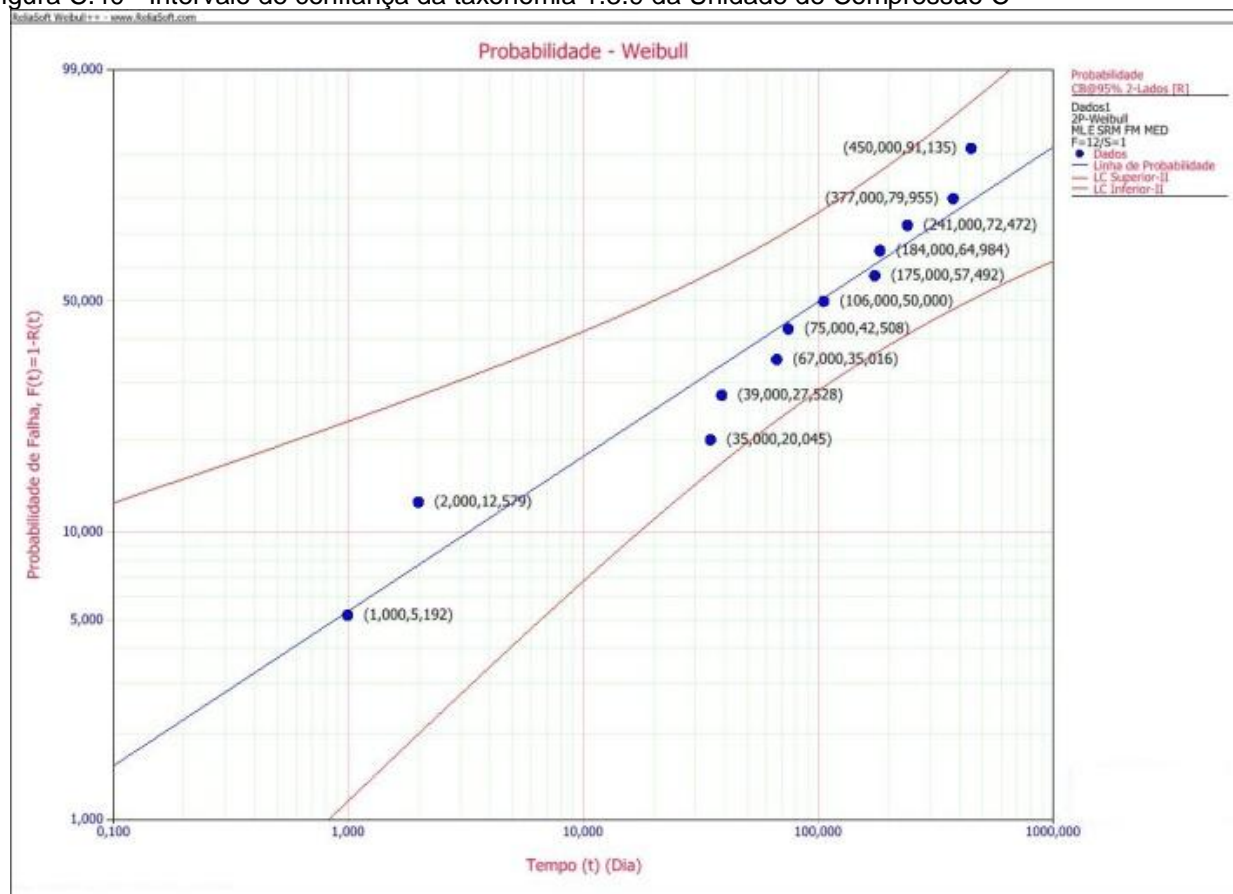


Figura C.41 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.4.5 da Unidade de Compressão C

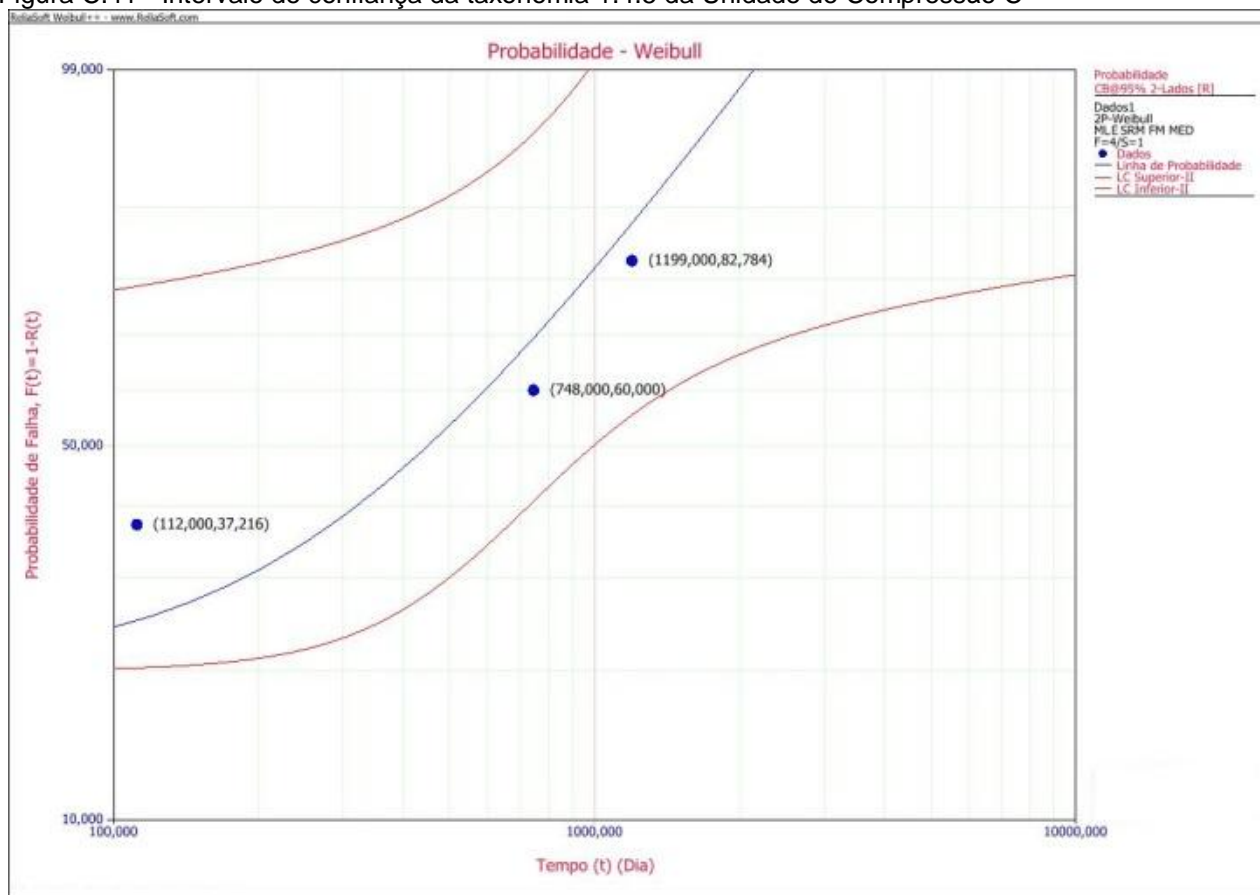


Figura C.42 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.4.6 da Unidade de Compressão C

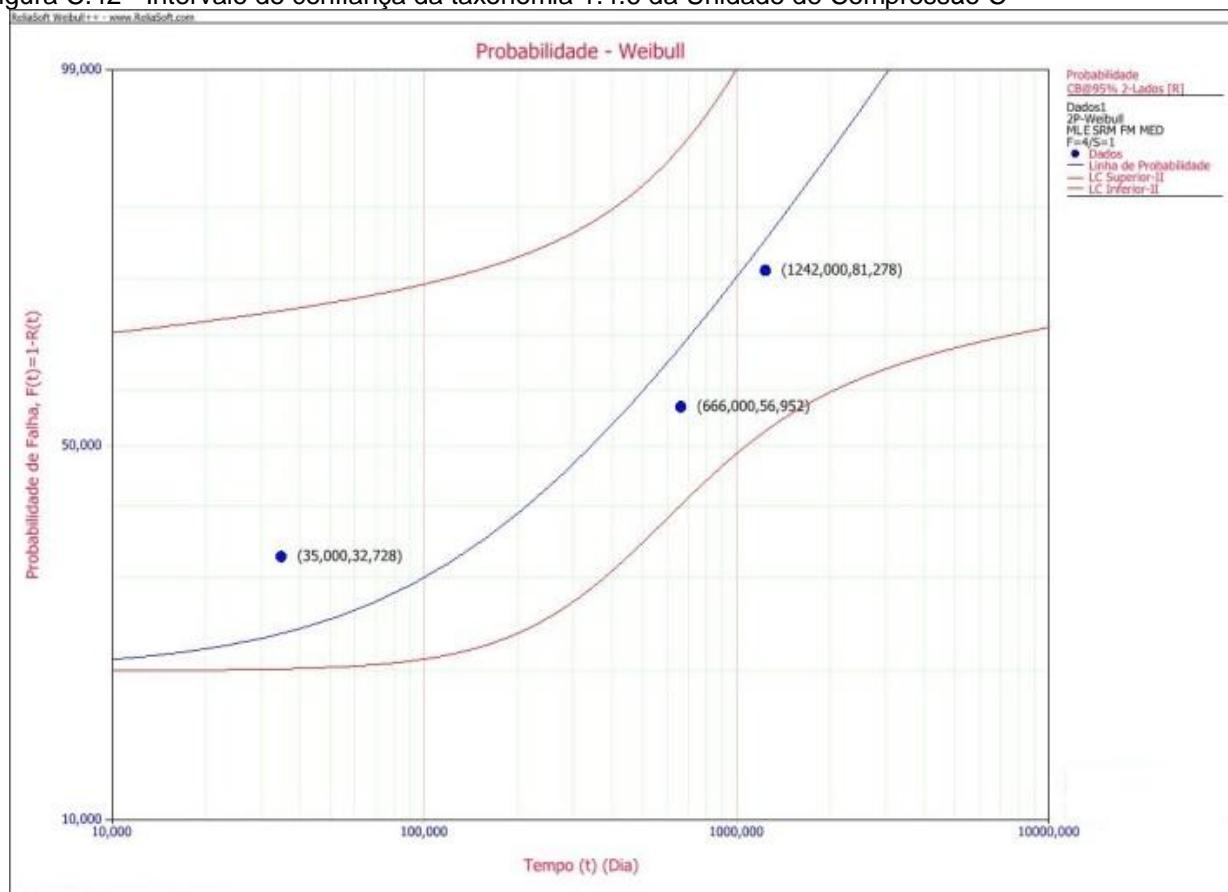


Figura C.43 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.4.7 da Unidade de Compressão C

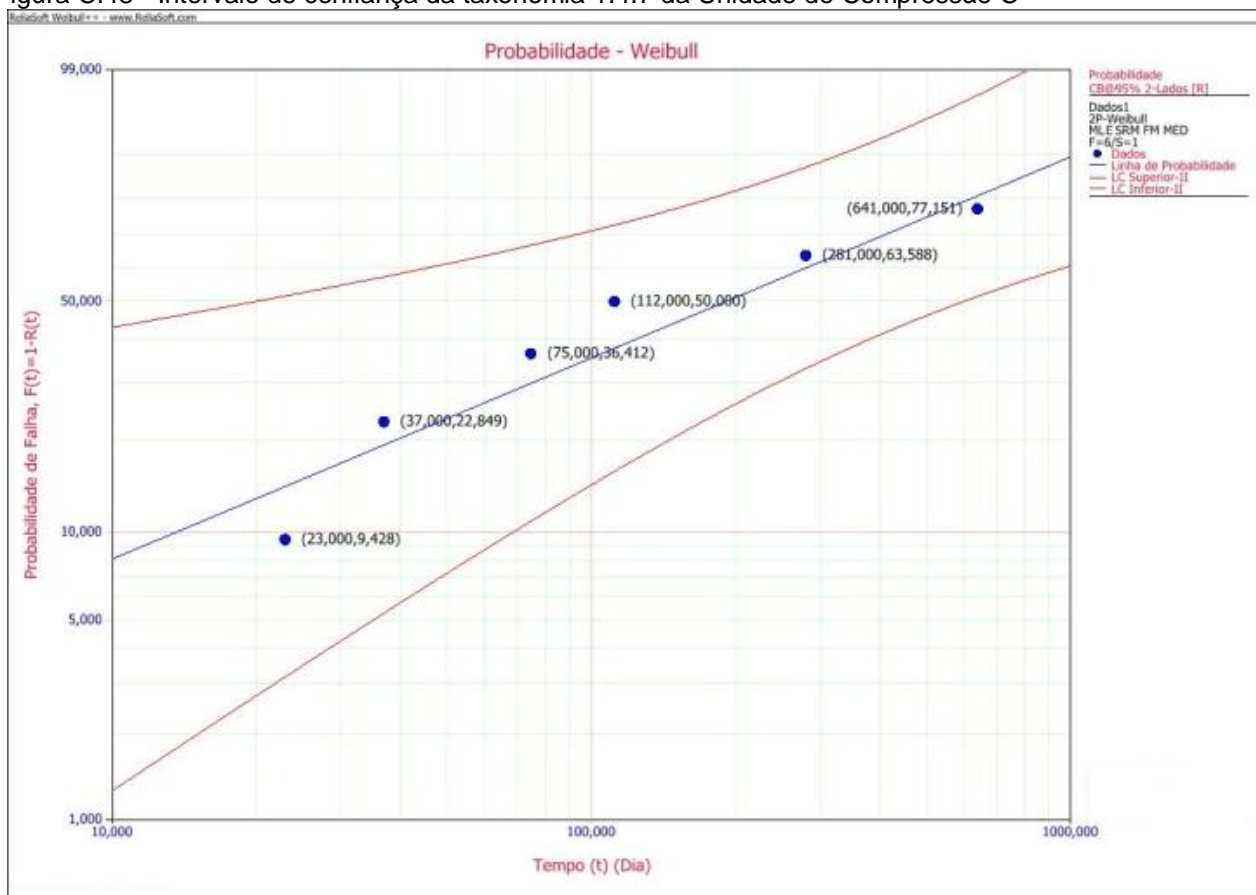


Figura C.44 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.4.9 da Unidade de Compressão C

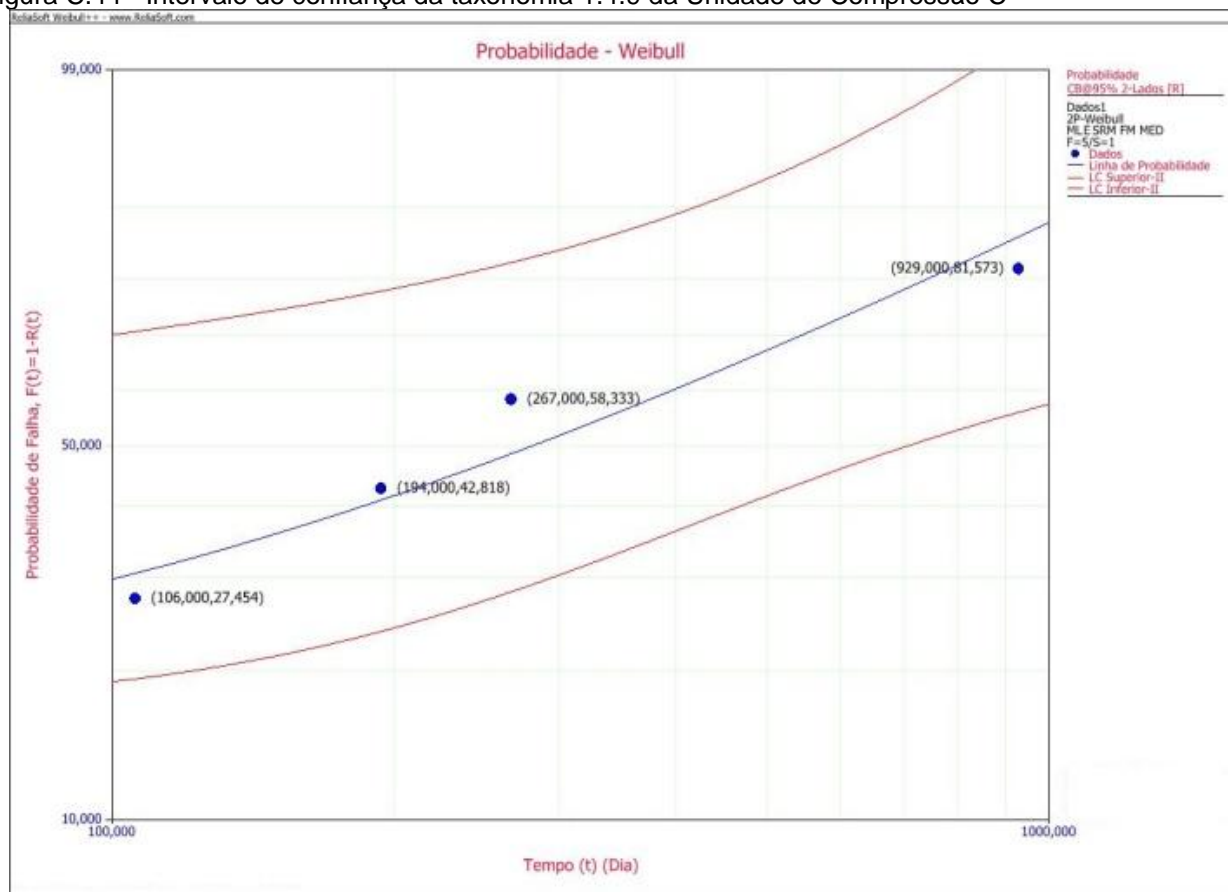


Figura C.45 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.6.2 da Unidade de Compressão C

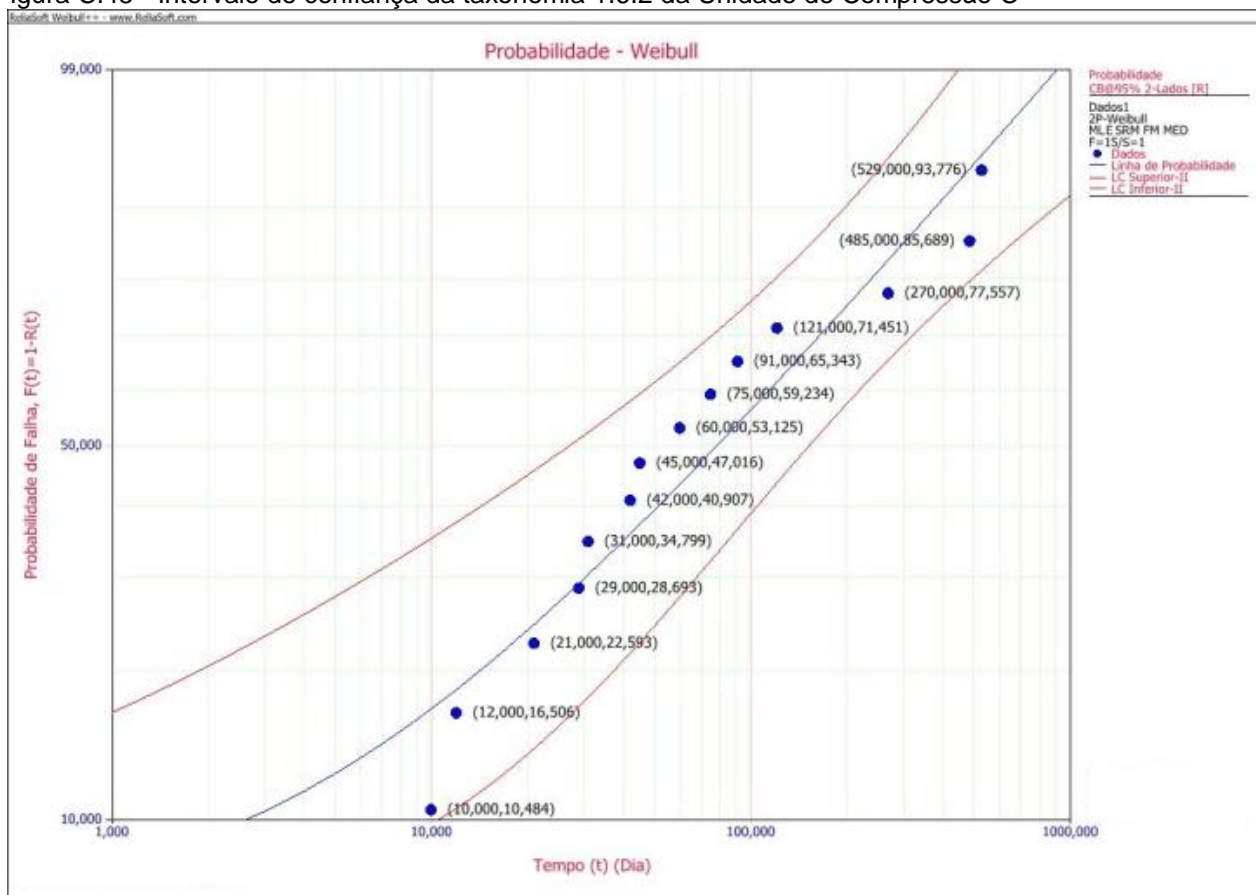


Figura C.46 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.6.3 da Unidade de Compressão C

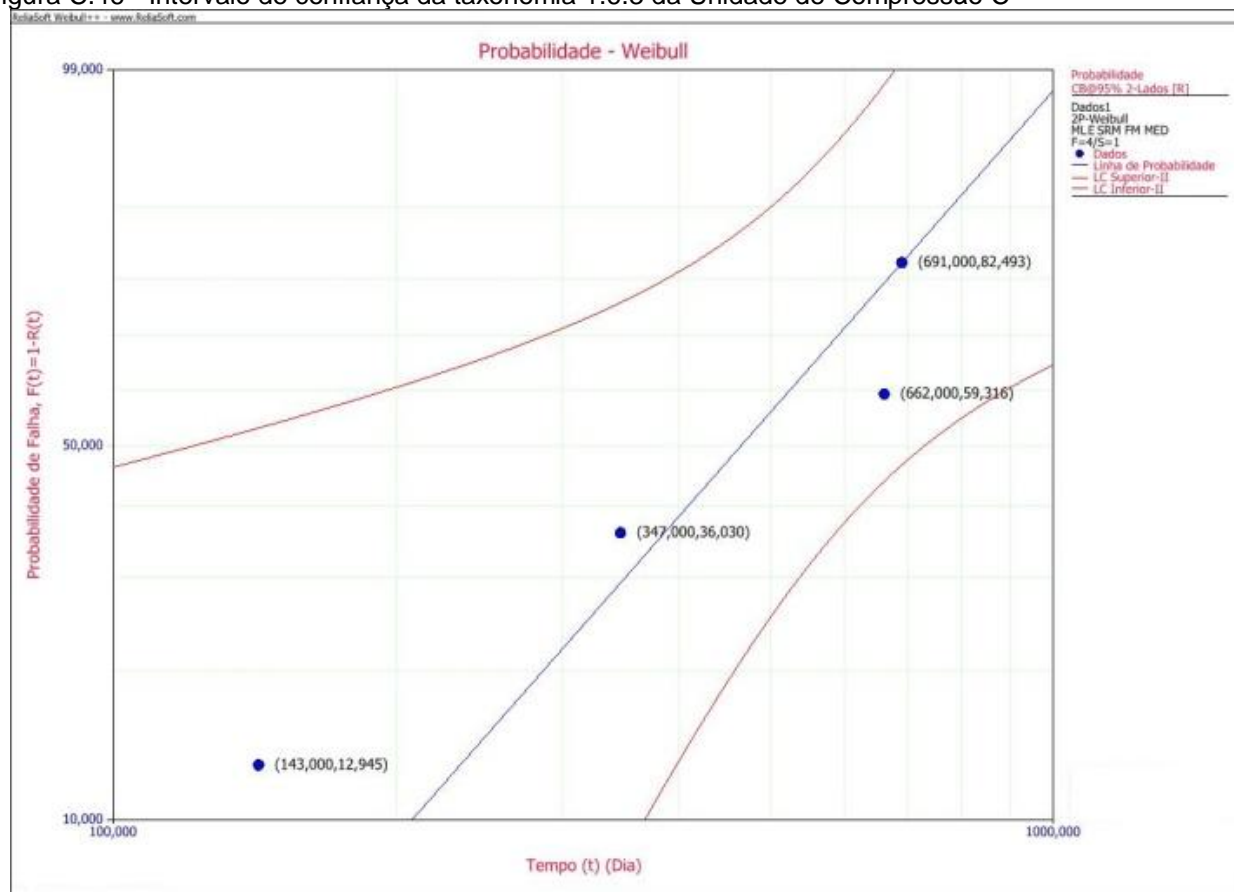


Figura C.47 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.6.4 da Unidade de Compressão C

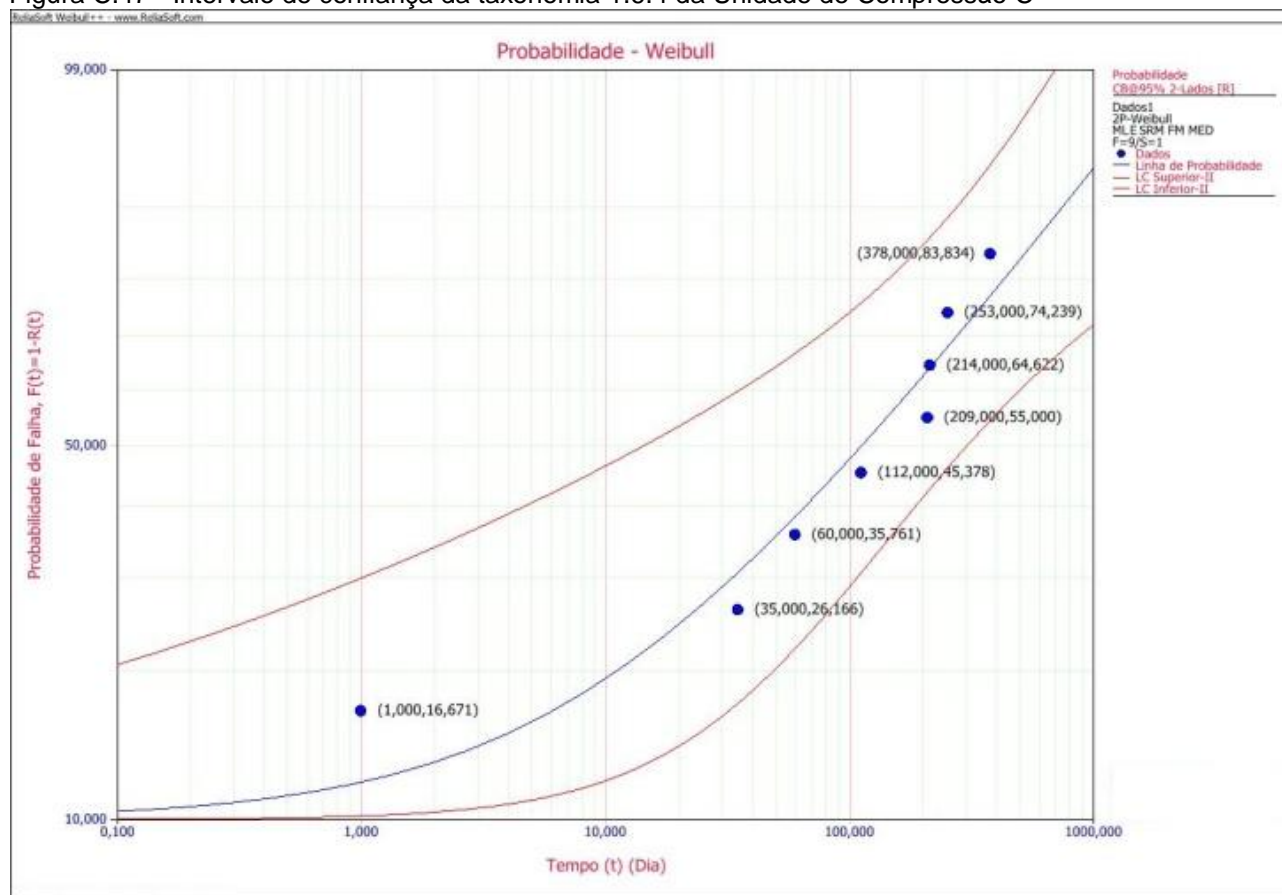
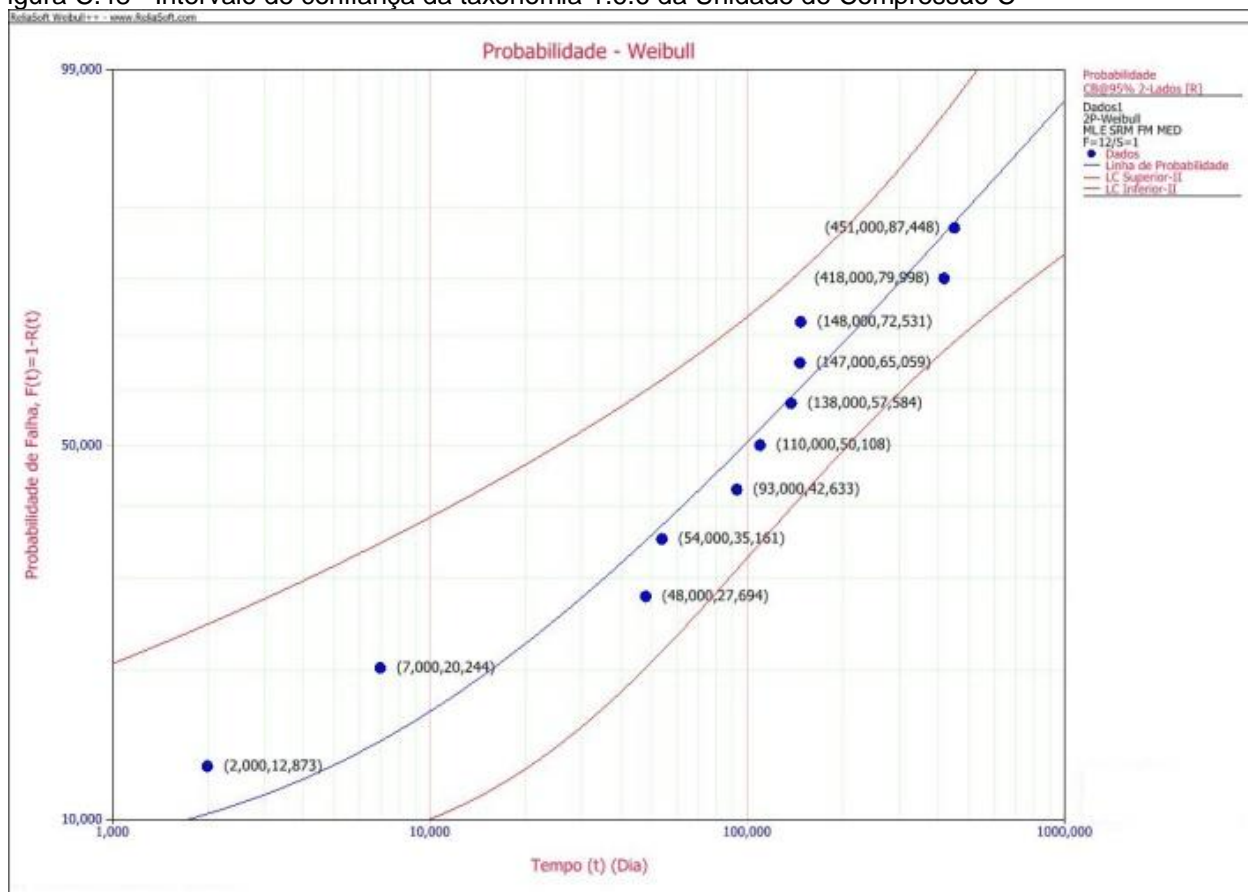


Figura C.48 - Intervalo de confiança da taxonomia 1.6.6 da Unidade de Compressão C



C.3.2 Motor a Gás C

Figura C.49 - Intervalo de confiança (95%) para o motor a gás C

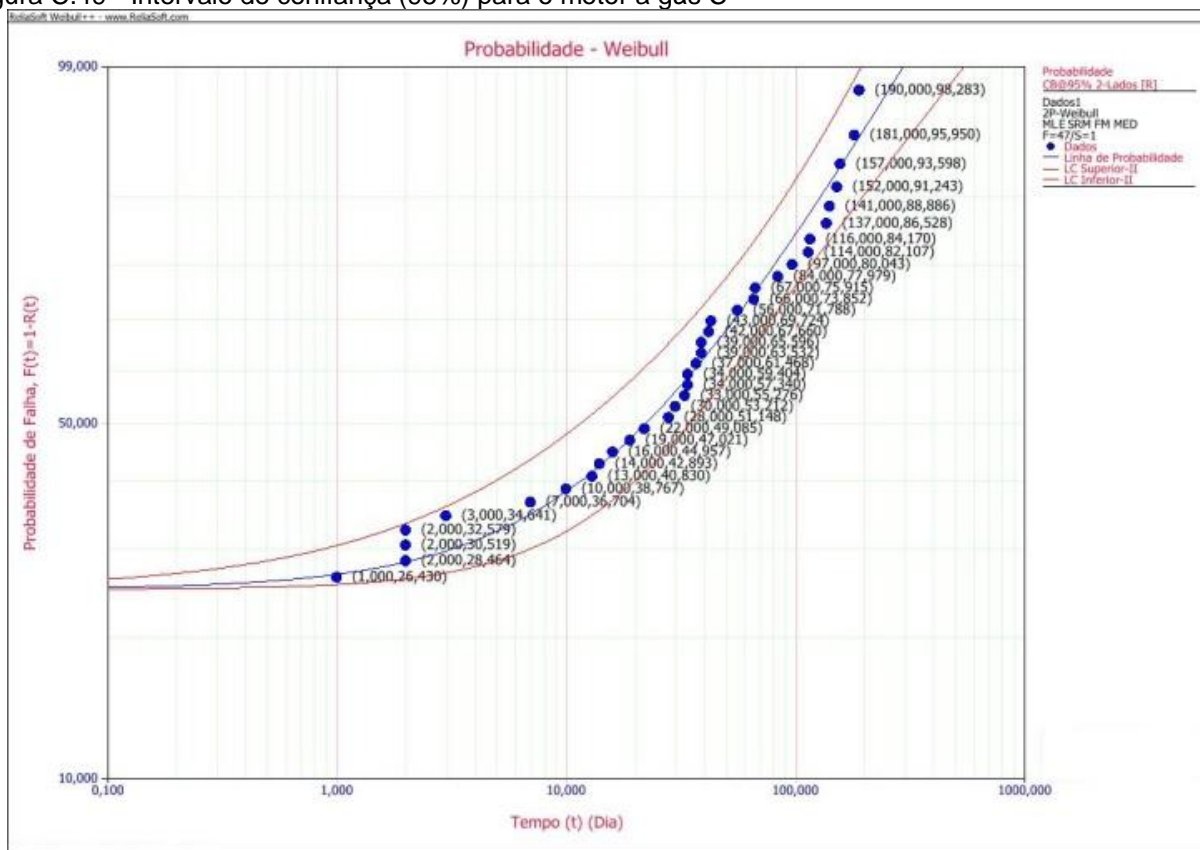


Figura C.50 - Intervalo de confiança da taxonomia 2.2.1 da Unidade de Compressão C

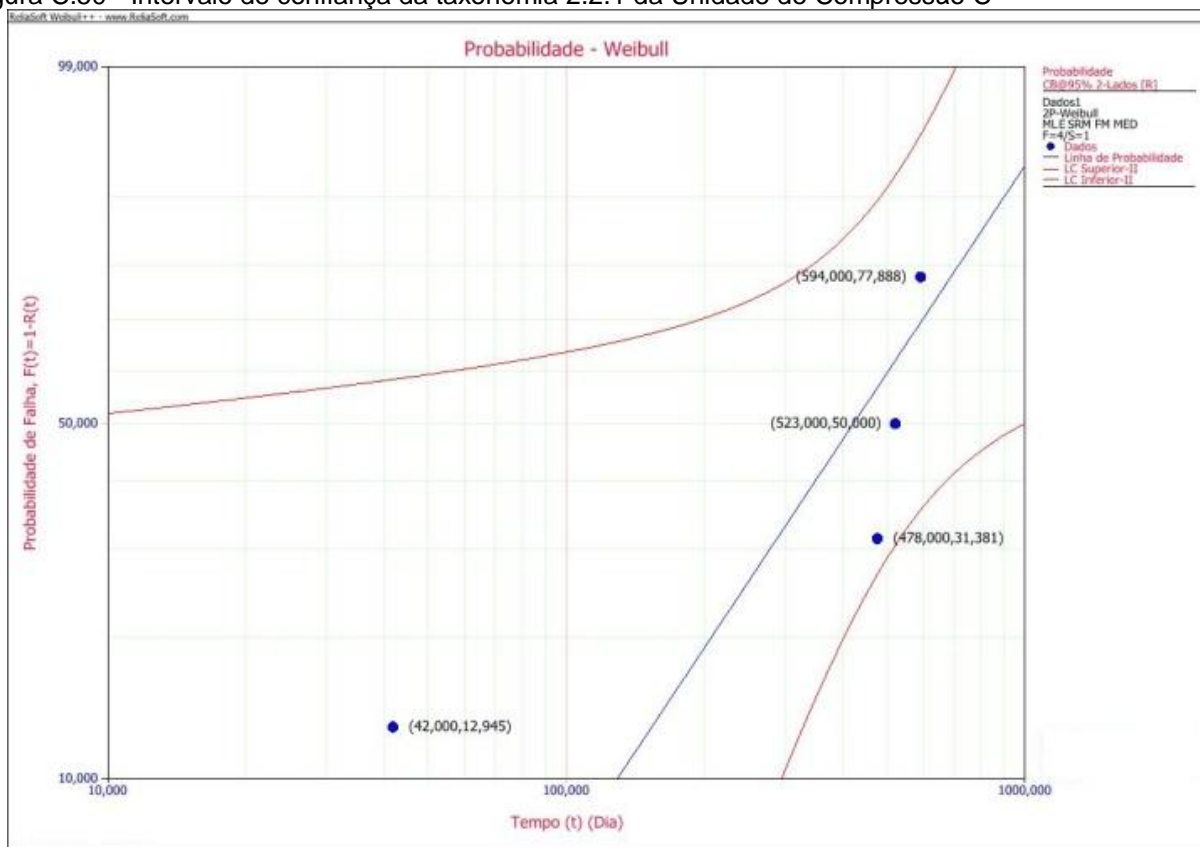


Figura C.51 - Intervalo de confiança da taxonomia 2.2.2 da Unidade de Compressão C

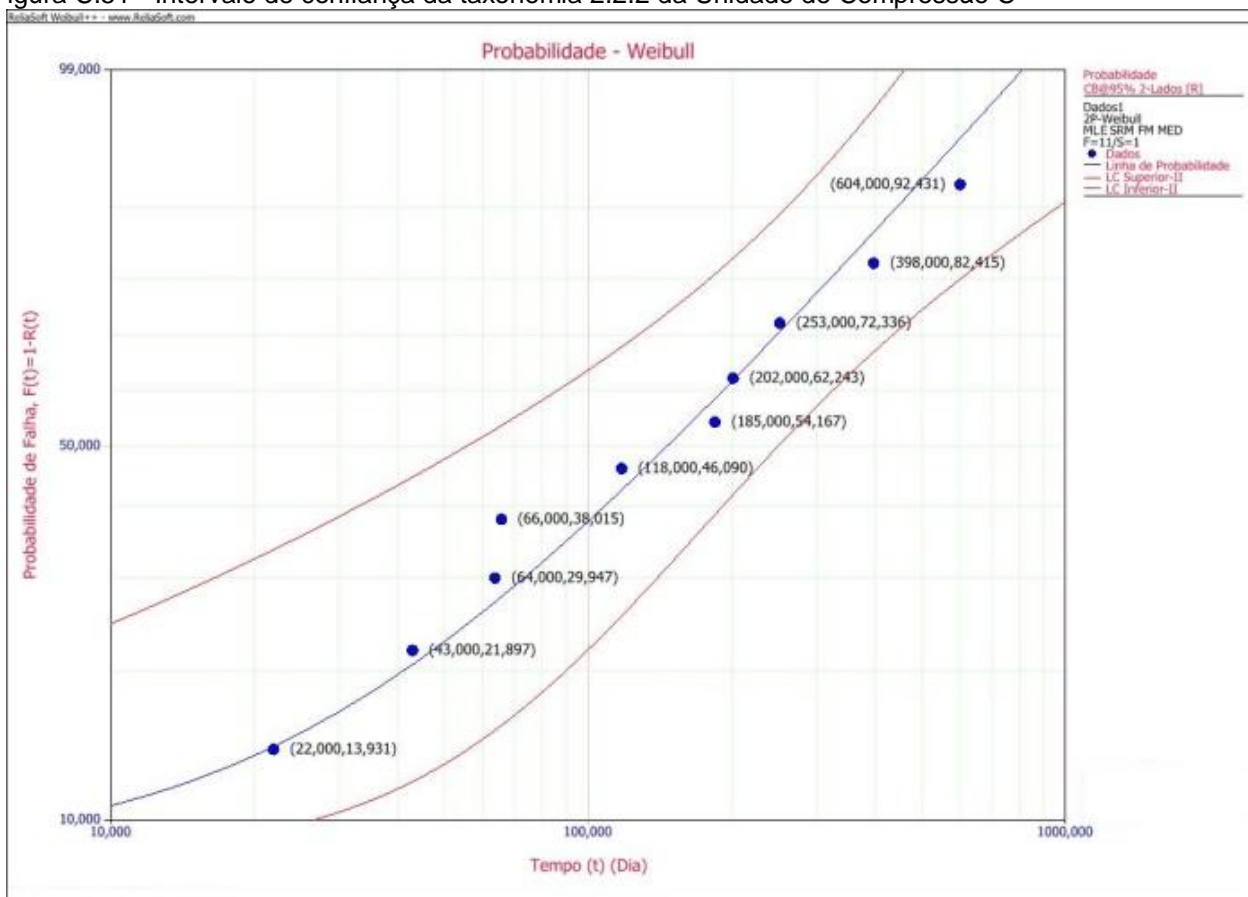


Figura C.52 - Intervalo de confiança da taxonomia 2.2.15 da Unidade de Compressão C

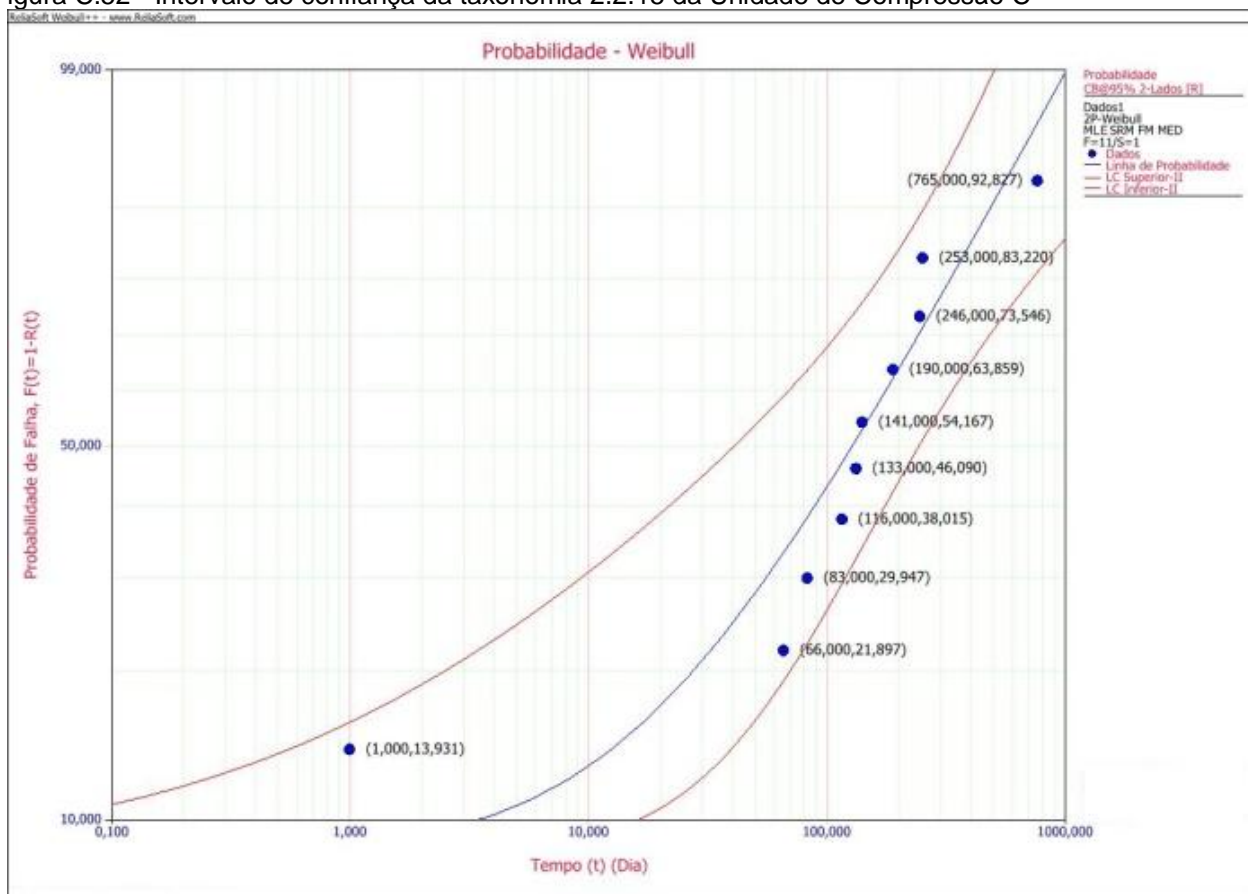
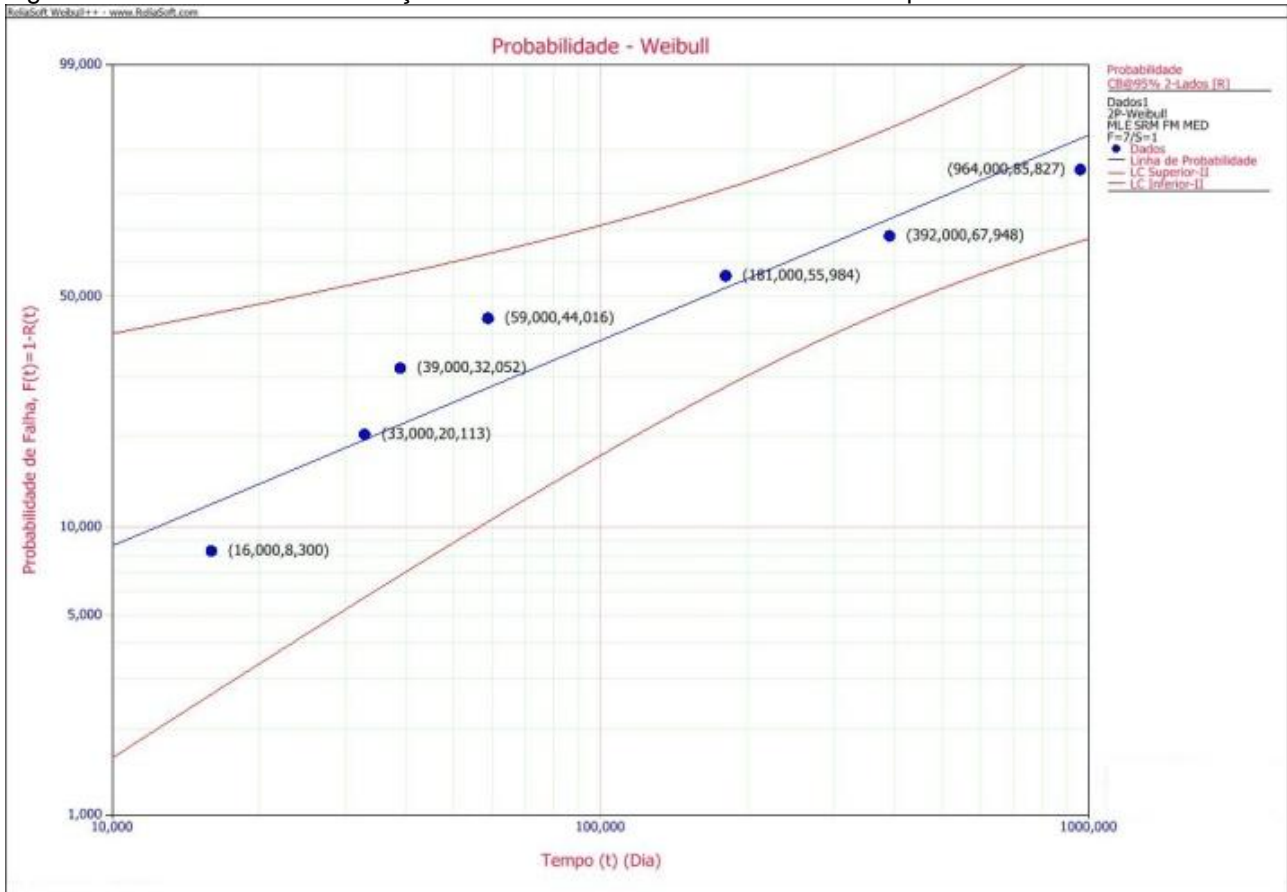


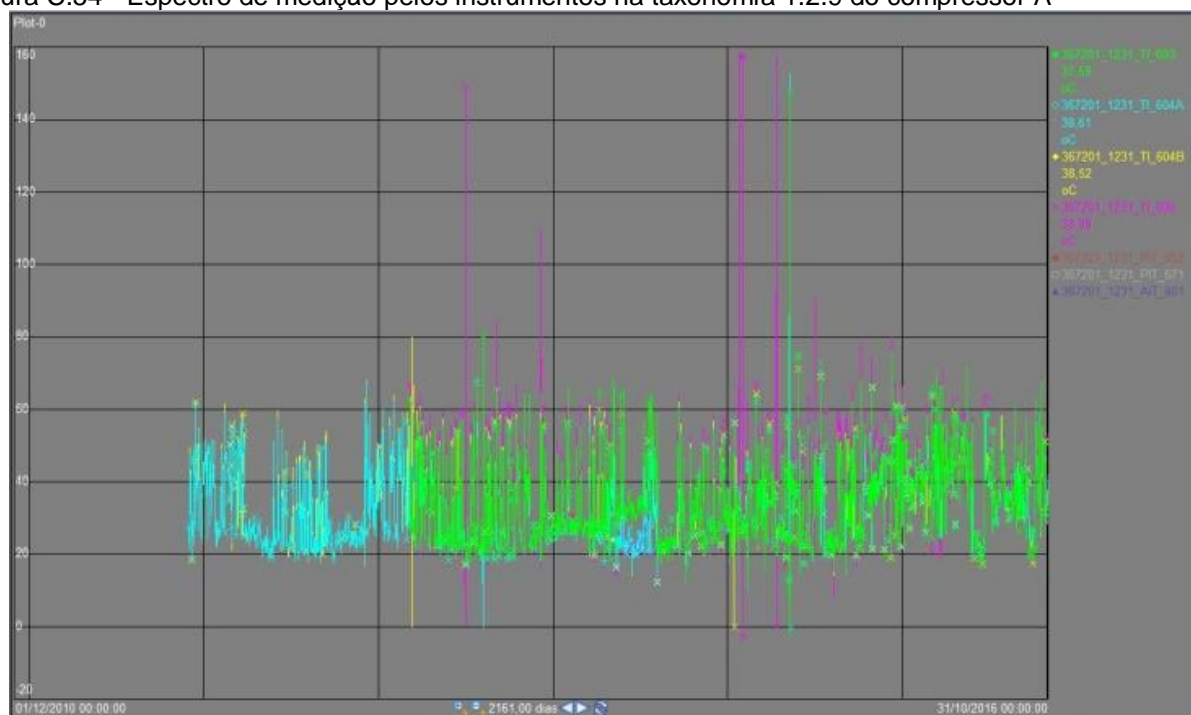
Figura C.53 - Intervalo de confiança da taxonomia 2.4.8 da Unidade de Compressão C



C.4 DADOS DO *PLANT INFORMATION*

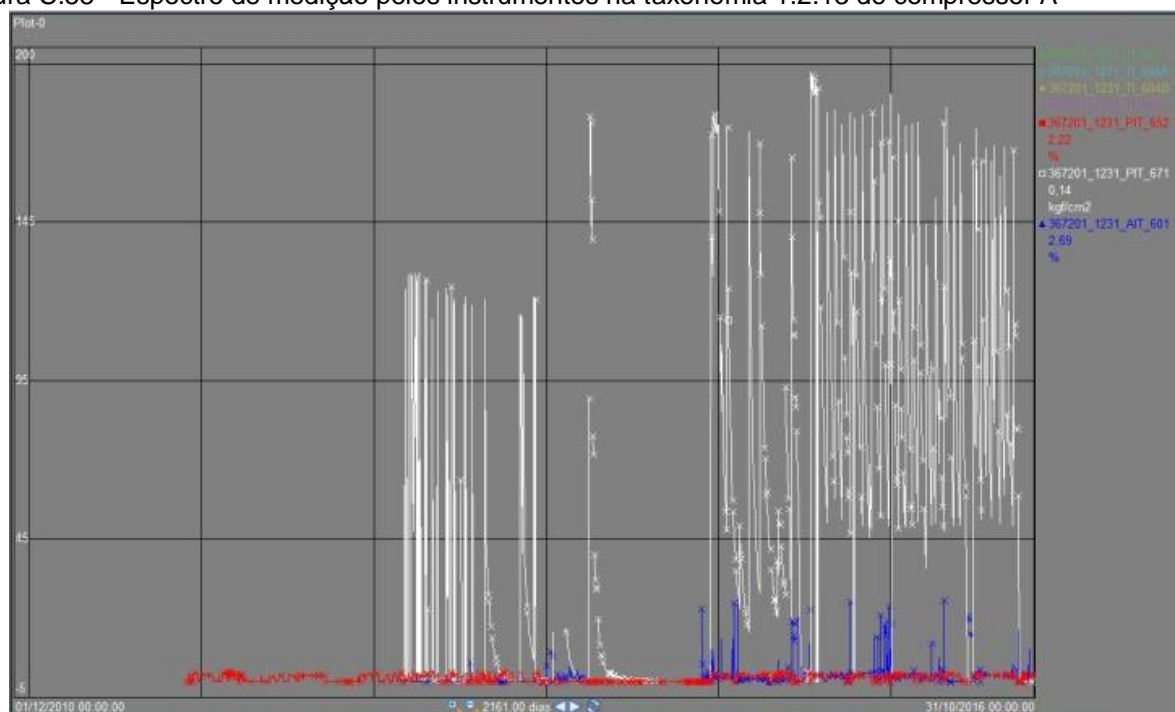
C.4.1 Amostragem nos Instrumentos da Taxonomia 1.2.9 do Compressor A

Figura C.54 - Espectro de medição pelos instrumentos na taxonomia 1.2.9 do compressor A



C.4.2 Amostragem nos Instrumentos da Taxonomia 1.2.13 do Compressor A

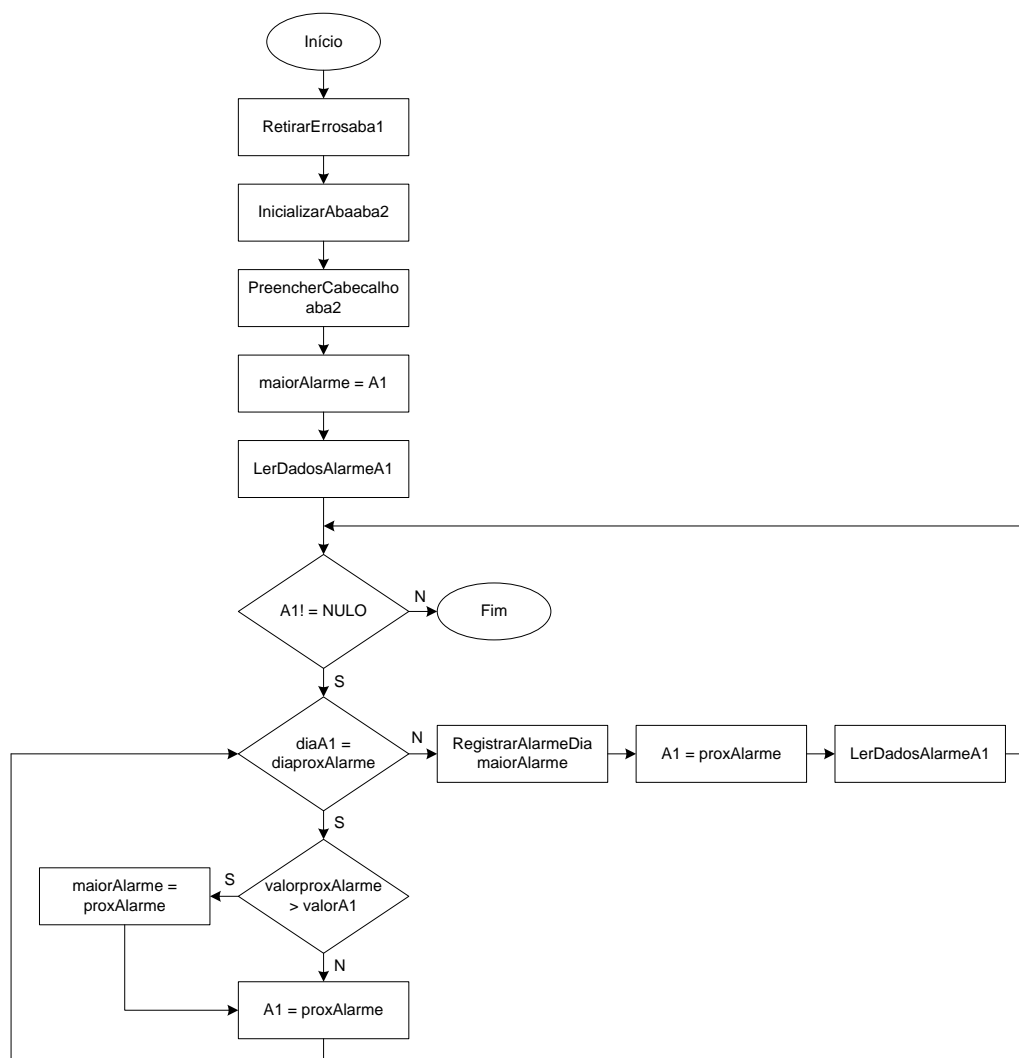
Figura C.55 - Espectro de medição pelos instrumentos na taxonomia 1.2.13 do compressor A



APÊNDICE D

PROGRAMAS DE COMPUTADOR EMPREGADOS NO ESTUDO DE CASO

D.1 ROTINA DE PROGRAMAÇÃO EM VBA UTILIZADA NO EXCEL



```

RetirarErros(aba1)
InicializarAba(aba2)
PreencherCabecalho(aba2)
maiorAlarme = A1
LerDadosAlarme(A1)
ENQUANTO (A1 != NULO)
    ENQUANTO (dia(A1) = dia(proxAlarme))
        SE (valor(proxAlarme) > valor(A1))
            maiorAlarme = proxAlarme
        FIMSE
        A1 = proxAlarme
    FIM ENQUANTO
    RegistrarAlarmeDia(maiorAlarme)
    A1 = proxAlarme
    LerDadosAlarme(A1)
FIM ENQUANTO

```

```

Sub principal ()
    Application.ScreenUpdating = False
    Call retirarTextos
    Call H_HH_L
    Call encontraMaiorAlarme
    Application.ScreenUpdating = True
End Sub

```

```

Sub retirarTextos ()
    Columns("B:B").Select
    Selection.Replace What:="Bad Input", Replacement:="0", LookAt:=xlPart, _
        SearchOrder:=xlByRows, MatchCase:=False, SearchFormat:=False, _
        ReplaceFormat:=False
    Selection.Replace What:="I/O Timeout", Replacement:="0", LookAt:=xlPart, _
        SearchOrder:=xlByRows, MatchCase:=False, SearchFormat:=False, _
        ReplaceFormat:=False
    Selection.Replace What:="Intf Shut", Replacement:="0", LookAt:=xlPart, _
        SearchOrder:=xlByRows, MatchCase:=False, SearchFormat:=False, _
        ReplaceFormat:=False
    Selection.Replace What:="Pt Created", Replacement:="0", LookAt:=xlPart, _
        SearchOrder:=xlByRows, MatchCase:=False, SearchFormat:=False, _
        ReplaceFormat:=False
    Selection.Replace What:="Configure", Replacement:="0", LookAt:=xlPart, _
        SearchOrder:=xlByRows, MatchCase:=False, SearchFormat:=False, _
        ReplaceFormat:=False
End Sub

```

```

Sub H_HH_L ()
    Range("C5").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RC[-1]/R1C3"
    Selection.AutoFill Destination:=Range(ActiveCell, Cells(ActiveCell.Offset(0, -1).End(xlDown).Row, ActiveCell.Column))

    Range("D5").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=IFERROR(IF(RC[-1]<1,1,IF(RC[-1]>1.5,1.5,RC[-1])),1)"
    Selection.AutoFill Destination:=Range(ActiveCell, Cells(ActiveCell.Offset(0, -1).End(xlDown).Row, ActiveCell.Column))

    Range("E5").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RC[-3]/R1C4"
    Selection.AutoFill Destination:=Range(ActiveCell, Cells(ActiveCell.Offset(0, -1).End(xlDown).Row, ActiveCell.Column))

    Range("F5").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=IFERROR(IF(RC[-1]<1,1,IF(RC[-1]>1.5,1.5,RC[-1])),1)"
    Selection.AutoFill Destination:=Range(ActiveCell, Cells(ActiveCell.Offset(0, -1).End(xlDown).Row, ActiveCell.Column))

    Range("G5").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R1C5/R1C[-5]"
    Selection.AutoFill Destination:=Range(ActiveCell, Cells(ActiveCell.Offset(0, -1).End(xlDown).Row, ActiveCell.Column))

    Range("H5").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=IFERROR(IF(RC[-1]<1,1,IF(RC[-1]>1.5,1,RC[-1])),1)"
    Selection.AutoFill Destination:=Range(ActiveCell, Cells(ActiveCell.Offset(0, -1).End(xlDown).Row, ActiveCell.Column))

    Range("I5").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=MAX(RC[-5],RC[-1])"
    Selection.AutoFill Destination:=Range(ActiveCell, Cells(ActiveCell.Offset(0, -1).End(xlDown).Row, ActiveCell.Column))
End Sub

```

```

Sub encontraMaiorAlarme()
    nome = ActiveSheet.Name
    Sheets.Add After:=ActiveSheet
    ActiveSheet.Name = nome & "-2"
    nome2 = ActiveSheet.Name
    Sheets(nome).Activate

    Dim cel1 As Range, cel2 As Range
    Dim alarme
    Dim auxData
    Dim interTrav
    Dim valores

    Set cel2 = Sheets(nome2).Range("A2")
    cel2.Offset(-1, 0) = "Data"
    cel2.Offset(-1, 1) = "Valores"
    cel2.Offset(-1, 2) = "Alarme"
    cel2.Offset(-1, 3) = "Intertravamento"
    Sheets(nome2).Rows(1).ColumnWidth = 16

    Set cel1 = Range("A5")
    alarme = cel1.Offset(0, 8)
    auxData = cel1
    interTrav = cel1.Offset(0, 5)
    valores = cel1.Offset(0, 1)
    While cel1 <> ""
        While Left(cel1, 6) = Left(cel1.Offset(1, 0), 6)
            If cel1.Offset(1, 1) > valores Then
                alarme = cel1.Offset(1, 8)
                auxData = cel1.Offset(1, 0)
                interTrav = cel1.Offset(1, 5)
                valores = cel1.Offset(1, 1)
            End If
            Set cel1 = cel1.Offset(1, 0)
        Wend

        cel2 = auxData
        cel2.Offset(0, 1) = valores
        cel2.Offset(0, 2) = alarme
        cel2.Offset(0, 3) = interTrav

        Set cel2 = cel2.Offset(1, 0)
        Set cel1 = cel1.Offset(1, 0)

        auxData = cel1
        alarme = cel1.Offset(0, 8)
        interTrav = cel1.Offset(0, 5)
        valores = cel1.Offset(0, 1)
    Wend
End Sub

```

D.2 DETALHAMENTO DE PROGRAMA EM LINGUAGEM MATLAB

1) Programa **Fredd.m** para conferência dos resultados obtidos no MLE do Weibull++9

```

function [beta,eta]=Fredd(N,t1,t2,t3,t4,t5,t6,t7,t8,t9,t10,beta0)
%Método de Newton Raphson(zeros da função)
xtol=1.0e-20;
for i=1:100
A=log(t1)+log(t2)+log(t3)+log(t4)+log(t5)+log(t6)+log(t7)+log(t8)+log(t9)+log(t10);
B=(t1^beta0)*(log(t1))+(t2^beta0)*(log(t2))+(t3^beta0)*(log(t3))+(t4^beta0)*(log(t4))+(t5^beta0)*(log(t5))+(t6^beta0)*(log(t6))+(t7^beta0)*(log(t7))+(t8^beta0)*(log(t8))+(t9^beta0)*(log(t9))+(t10^beta0)*(log(t10));
C=((t1^beta0)+(t2^beta0)+(t3^beta0)+(t4^beta0)+(t5^beta0)+(t6^beta0)+(t7^beta0)+(t8^beta0)+(t9^beta0)+(t10^beta0));
%Equação da Derivada
f0=N*((1/N)*A)+(1/beta0)-(B/C);
%Equação da Derivada de f0
f1=-N*(1/beta0^2 - (t1^beta0*log(t1) + t2^beta0*log(t2) + t3^beta0*log(t3) + t4^beta0*log(t4) + t5^beta0*log(t5) + t6^beta0*log(t6) + t7^beta0*log(t7) + t8^beta0*log(t8) + t9^beta0*log(t9) + t10^beta0*log(t10))^2/(t1^beta0 + t2^beta0 + t3^beta0 + t4^beta0 + t5^beta0 + t6^beta0 + t7^beta0 + t8^beta0 + t9^beta0 + t10^beta0)^2 + (t1^beta0*log(t1)^2 + t2^beta0*log(t2)^2 + t3^beta0*log(t3)^2 + t4^beta0*log(t4)^2 + t5^beta0*log(t5)^2 + t6^beta0*log(t6)^2 + t7^beta0*log(t7)^2 + t8^beta0*log(t8)^2 + t9^beta0*log(t9)^2 + t10^beta0*log(t10)^2)/(t1^beta0 + t2^beta0 + t3^beta0 + t4^beta0 + t5^beta0 + t6^beta0 + t7^beta0 + t8^beta0 + t9^beta0 + t10^beta0));
beta=beta0-(f0/f1);
if abs(beta-beta0)<xtol,break,end;
%valor de beta que zera f0
beta0=beta;
end
%valor de eta correspondente à beta (valor que zera f0)
eta=((1/N)*((t1^beta)+(t2^beta)+(t3^beta)+(t4^beta)+(t5^beta)+(t6^beta)+(t7^beta)+(t8^beta)+(t9^beta)+(t10^beta)))^(1/beta);

```

Tabela D.1 - Comparação de resultados numéricos entre o método computacional MLE e a programação em Matlab

Amostragem Aleatória Taxonomia 1.2.9 A (01/12/2010 a 20/03/2016)							
MLE				Matlab			
Tempo até Falha (Dia)	Condição	β	η	t_i	β_0 (estimativa inicial)	β	η
75	F	0,765324	162,901385	13	1	0,7654	162,9136
14	F			14			
277	F			19			
851	F			37			
13	F			75			
414	F			81			
37	F			155			
155	F			277			
19	F			414			
81	F			851			
Amostragem Aleatória Taxonomia 1.3.7 B (01/12/2010 a 17/08/2016)							
MLE				Matlab			
Tempo até Falha (Dia)	Condição	β	η	t_i	β_0 (estimativa inicial)	β	η
260	F	0,707722	158,291764	5	1	0,7078	158,3046
5	F			20			
100	F			42			
159	F			45			
143	F			54			
54	F			100			
1258	F			143			
45	F			159			
42	F			260			
20	F			1258			
Amostragem Aleatória Taxonomia 1.3.9 C (01/12/2010 a 15/03/2014)							
MLE				Matlab			
Tempo até Falha (Dia)	Condição	β	η	t_i	β_0 (estimativa inicial)	β	η
75	F	0,741100	102,427456	1	1	0,7411	102,4273
241	F			2			
35	F			35			
106	F			39			
450	F			67			
39	F			75			
184	F			106			
2	F			184			
67	F			241			
1	F			450			

APÊNDICE E

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

E.1 RAMO 1.2 DO COMPRESSOR A

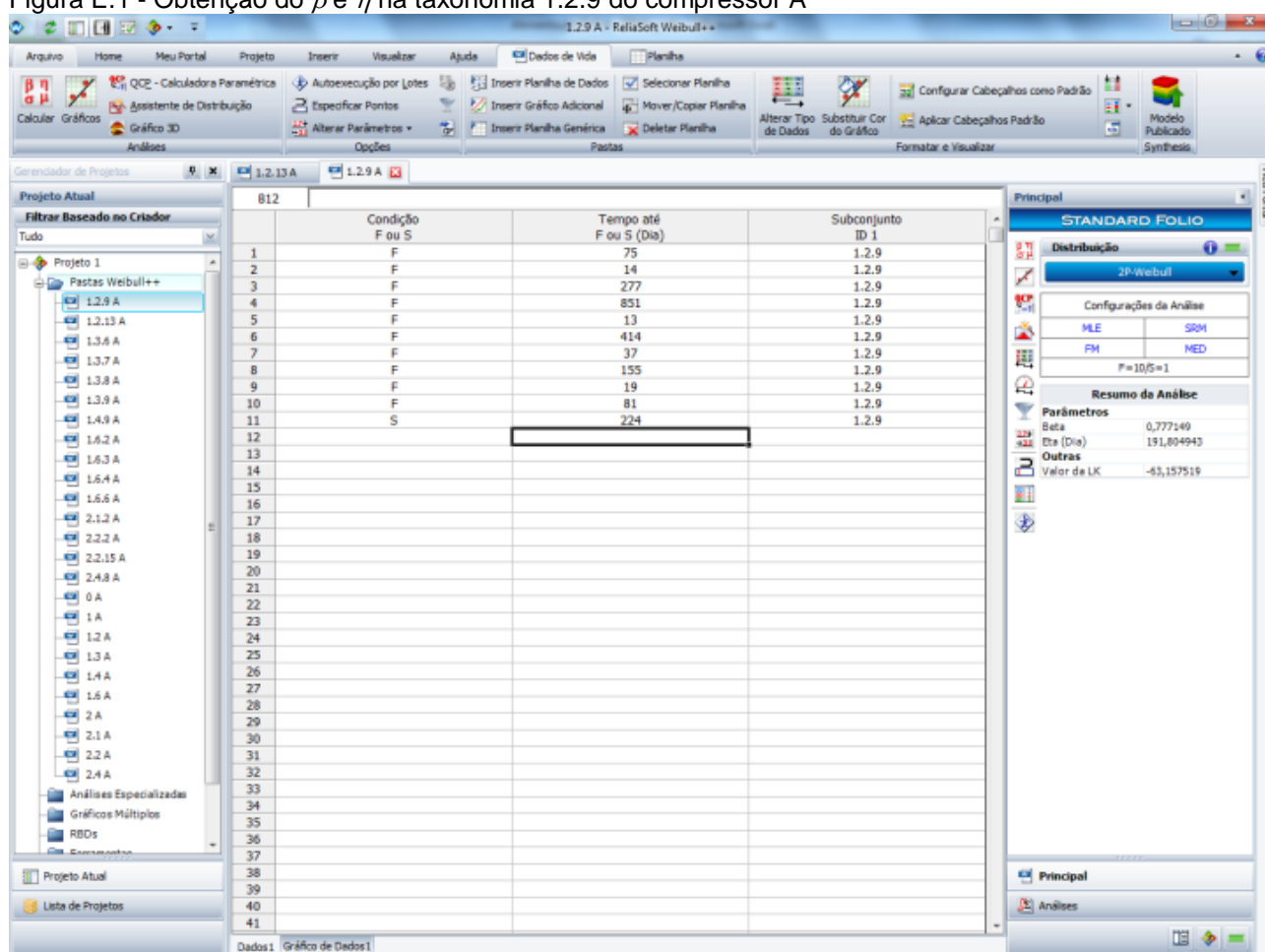
E.1.1 Emprego do **Software Weibull++9** na Obtenção do β e η Figura E.1 - Obtenção do β e η na taxonomia 1.2.9 do compressor A

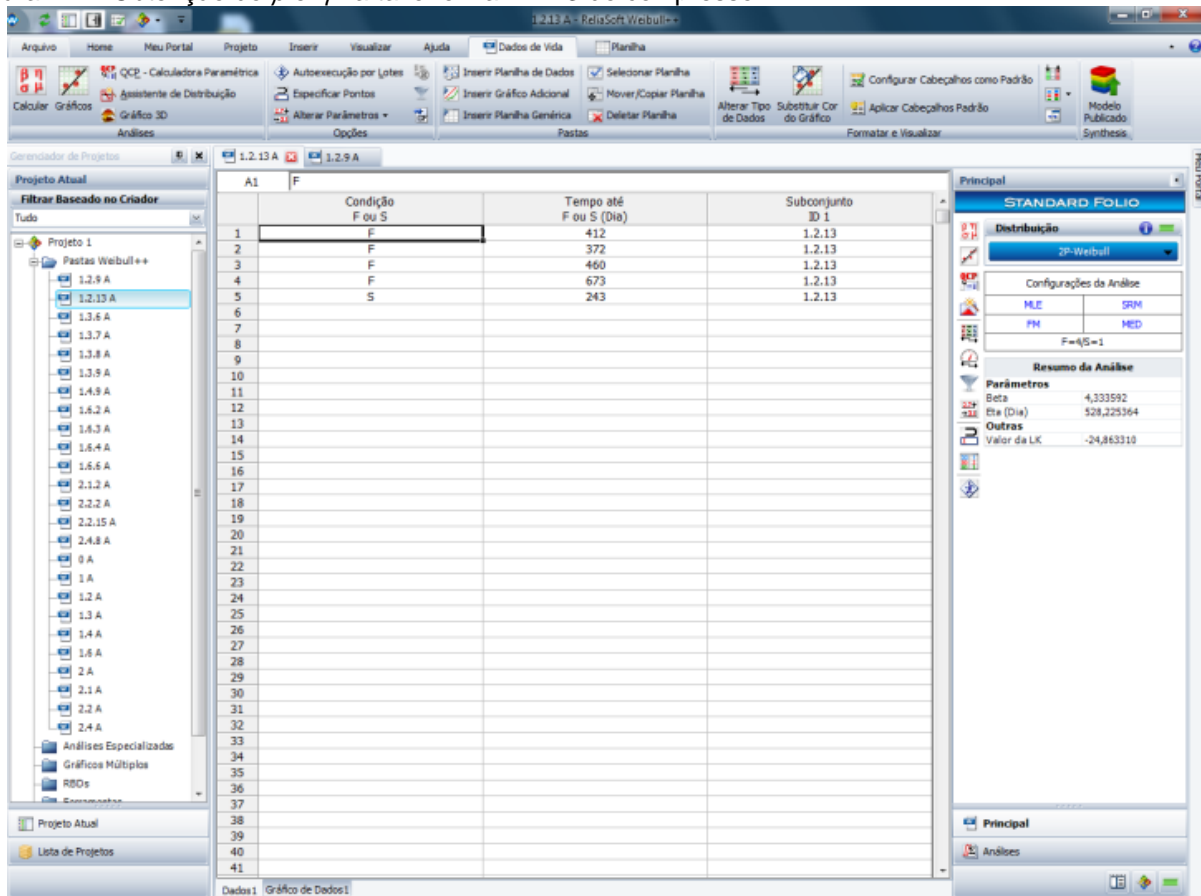
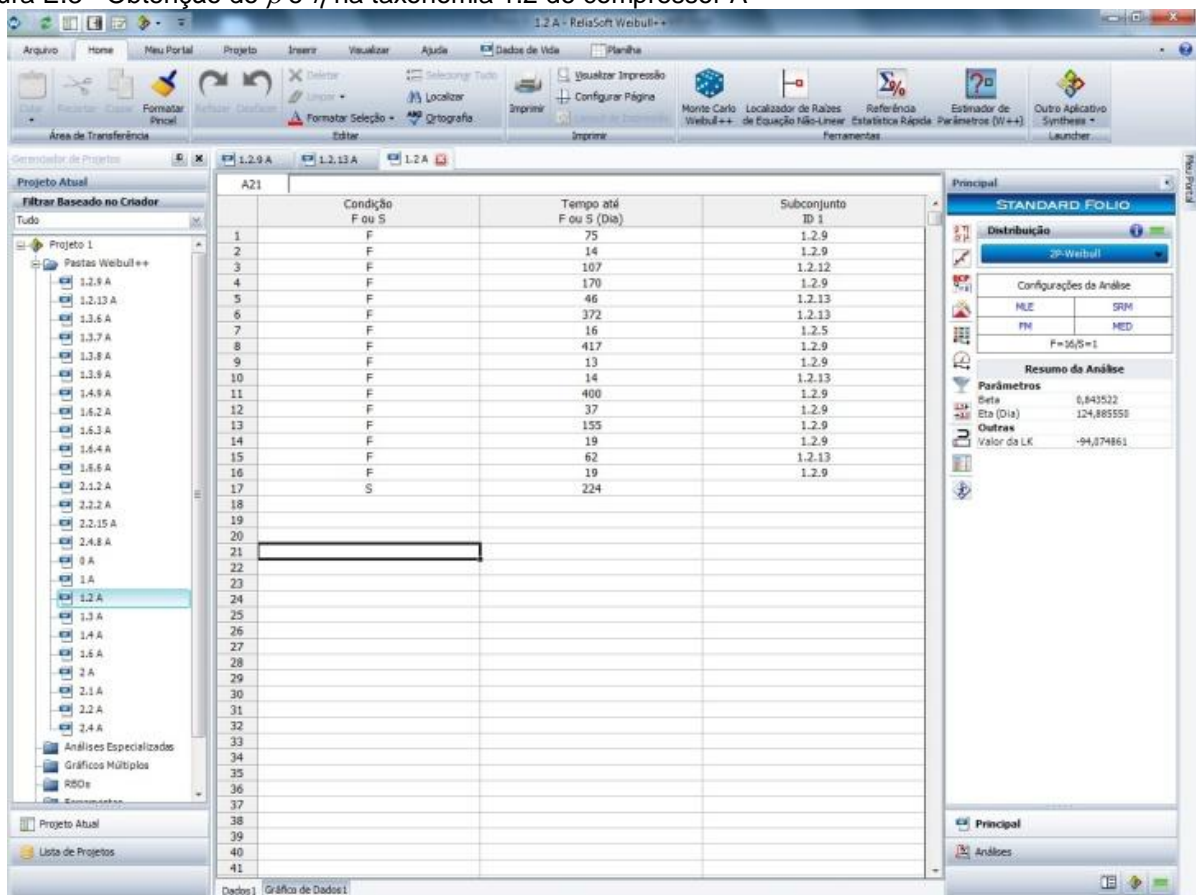
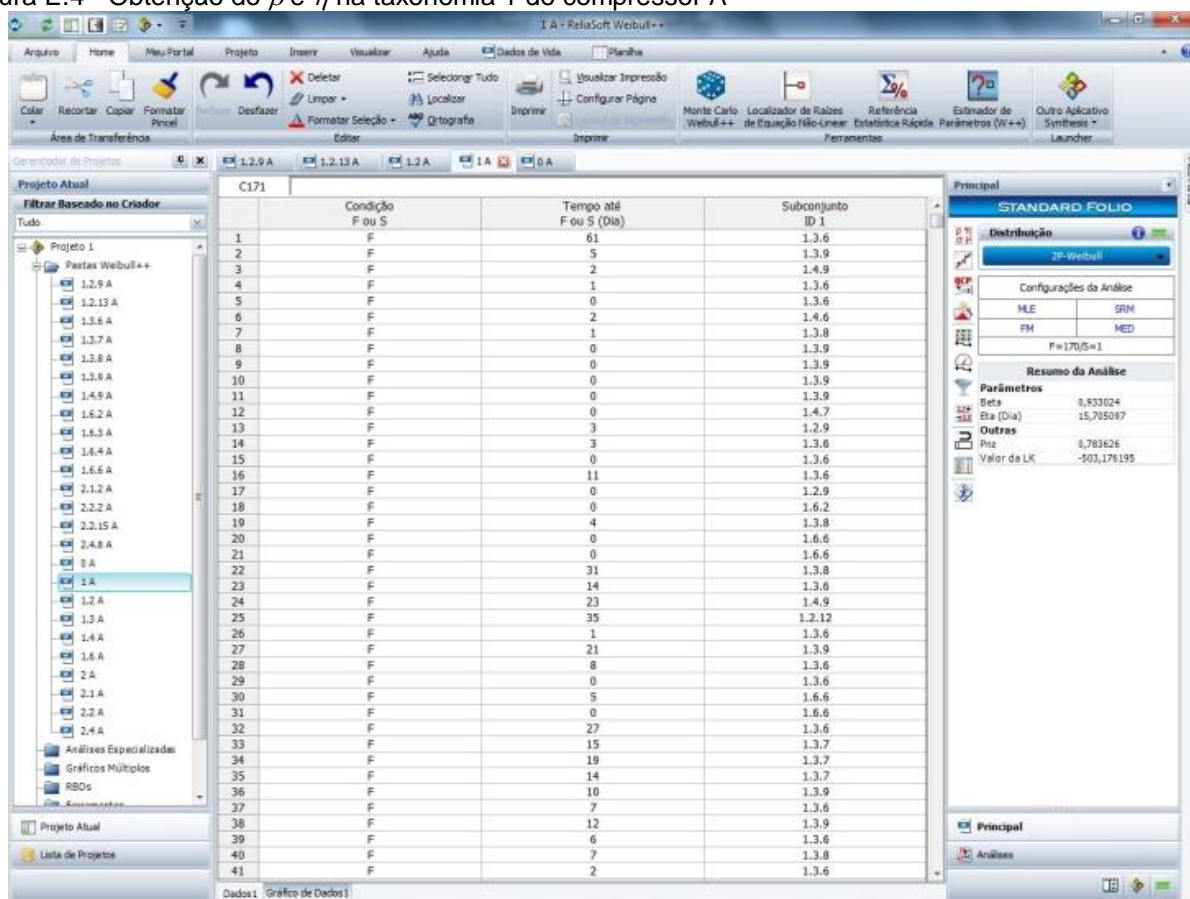
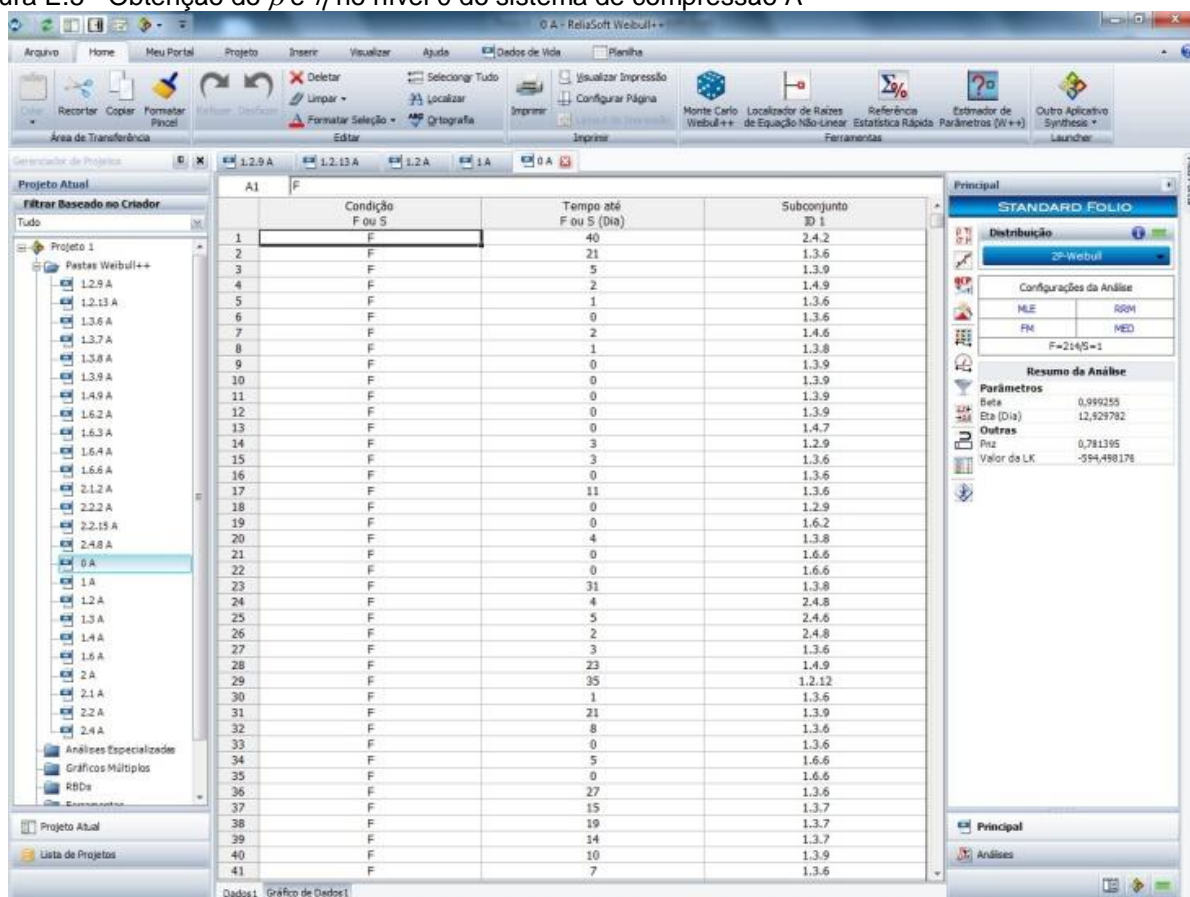
Figura E.2 - Obtenção do β e η na taxonomia 1.2.13 do compressor AFigura E.3 - Obtenção do β e η na taxonomia 1.2 do compressor A

Figura E.4 - Obtenção do β e η na taxonomia 1 do compressor AFigura E.5 - Obtenção do β e η no nível 0 do sistema de compressão A

E.1.2 Emprego da Rotina em Excel no Cálculo do Risco Dinâmico

Figura E.6 - Cálculo do risco dinâmico para a taxonomia 1.2.9 do compressor A (nível 3)

Data	Dias	Liga/Desliga	Count If (Preventiva)	Dias Funcionando	BETA	ETA	Datas Preventivas	Pof (Dias)	Cof	Preditiva	Alarme H/L	Alarme HH	Risco	Operação	Falha de risco tolerável	Falha de risco não tolerável
01/12/2010	1	0	0	0	0,77715	191,8049	25/10/2011	0	1	1	1	1	0	0	0,36	1
02/12/2010	2	0	0	0	Alarmes 09/10/2012		0	1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
03/12/2010	3	0	0	0	Possui alarmes 20/11/2013		0	1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
04/12/2010	4	0	0	0				1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
05/12/2010	5	0	0	0				1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
06/12/2010	6	0	0	0				1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
07/12/2010	7	0	0	0				1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
08/12/2010	8	0	0	0				1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
09/12/2010	9	0	0	0				1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
10/12/2010	10	0	0	0				1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
11/12/2010	11	0	0	0				1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
12/12/2010	12	0	0	0				1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
13/12/2010	13	0	0	0				1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
14/12/2010	14	0	0	0				1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
15/12/2010	15	0	0	0				1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
16/12/2010	16	0	0	0				1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
17/12/2010	17	1	0	1				0,0166813	1	1	1	1	0,016681306	1	0,36	1
18/12/2010	18	1	0	2				0,028417	1	1	1	1	0,028416982	1	0,36	1
19/12/2010	19	0	0	2				0,028417	1	1	1	1	0,028416982	0	0,36	1
20/12/2010	20	0	0	2				0,028417	1	1	1	1	0,028416982	0	0,36	1
21/12/2010	21	1	0	3				0,0387366	1	1	1	1	0,038736604	1	0,36	1
22/12/2010	22	1	0	4				0,0482041	1	1	1	1	0,048204123	1	0,36	1
23/12/2010	23	0	0	4				0,0482041	1	1	1	1	0,048204123	0	0,36	1
24/12/2010	24	0	0	4				0,0482041	1	1	1	1	0,048204123	0	0,36	1
25/12/2010	25	0	0	4				0,0482041	1	1	1	1	0,048204123	0	0,36	1
26/12/2010	26	0	0	4				0,0482041	1	1	1	1	0,048204123	0	0,36	1
27/12/2010	27	0	0	4				0,0482041	1	1	1	1	0,048204123	0	0,36	1
28/12/2010	28	0	0	4				0,0482041	1	1	1	1	0,048204123	0	0,36	1
29/12/2010	29	0	0	4				0,0482041	1	1	1	1	0,048204123	0	0,36	1
30/12/2010	30	0	0	4				0,0482041	1	1	1	1	0,048204123	0	0,36	1
31/12/2010	31	0	0	4				0,0482041	1	1	1	1	0,048204123	0	0,36	1
01/01/2011	32	0	0	4				0,0482041	1	1	1	1	0,048204123	0	0,36	1
02/01/2011	33	0	0	4				0,0482041	1	1	1	1	0,048204123	0	0,36	1
03/01/2011	34	0	0	4				0,0482041	1	1	1	1	0,048204123	0	0,36	1
04/01/2011	35	0	0	4				0,0482041	1	1	1	1	0,048204123	0	0,36	1
05/01/2011	36	0	0	4				0,0482041	1	1	1	1	0,048204123	0	0,36	1
06/01/2011	37	0	0	4				0,0482041	1	1	1	1	0,048204123	0	0,36	1
07/01/2011	38	0	0	4				0,0482041	1	1	1	1	0,048204123	0	0,36	1
08/01/2011	39	0	0	4				0,0482041	1	1	1	1	0,048204123	0	0,36	1
09/01/2011	40	0	0	4				0,0482041	1	1	1	1	0,048204123	0	0,36	1
10/01/2011	41	0	0	4				0,0482041	1	1	1	1	0,048204123	0	0,36	1
11/01/2011	42	0	0	4				0,0482041	1	1	1	1	0,048204123	0	0,36	1
12/01/2011	43	0	0	4				0,0482041	1	1	1	1	0,048204123	0	0,36	1

Figura E.7 - Cálculo do risco dinâmico para a taxonomia 1.2.13 do compressor A (nível 3)

Data	Dias	Liga/Desliga	Count If (Preventiva)	Dias Funcionando	BETA	ETA	Datas Preventivas	Pof (Dias)	Cof	Preditiva	Alarme H/L	Alarme HH	Risco	Operação	Falha de risco tolerável	Falha de risco não tolerável
01/12/2010	1	0	0	0	4,333592	528,2254	25/10/2011	0	0,1	1	1	1	0	0	0,36	1
02/12/2010	2	0	0	0	Alarmes 09/10/2012		0	0,1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
03/12/2010	3	0	0	0	Possui alarmes 20/11/2013		0	0,1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
04/12/2010	4	0	0	0				0,1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
05/12/2010	5	0	0	0				0,1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
06/12/2010	6	0	0	0				0,1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
07/12/2010	7	0	0	0				0,1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
08/12/2010	8	0	0	0				0,1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
09/12/2010	9	0	0	0				0,1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
10/12/2010	10	0	0	0				0,1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
11/12/2010	11	0	0	0				0,1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
12/12/2010	12	0	0	0				0,1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
13/12/2010	13	0	0	0				0,1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
14/12/2010	14	0	0	0				0,1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
15/12/2010	15	0	0	0				0,1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
16/12/2010	16	0	0	0				0,1	1	1	1	1	0	0	0,36	1
17/12/2010	17	1	0	1				1,5864E-12	0,1	1	1	1	1,5864E-13	1	0,36	1
18/12/2010	18	1	0	2				3,19855E-11	0,1	1	1	1	3,19855E-12	1	0,36	1
19/12/2010	19	0	0	2				3,19855E-11	0,1	1	1	1	3,19855E-12	0	0,36	1
20/12/2010	20	0	0	2				3,19855E-11	0,1	1	1	1	3,19855E-12	0	0,36	1
21/12/2010	21	1	0	3				1,85379E-10	0,1	1	1	1	1,85379E-11	1	0,36	1
22/12/2010	22	1	0	4				6,44903E-10	0,1	1	1	1	6,44903E-11	1	0,36	1
23/12/2010	23	0	0	4				6,44903E-10	0,1	1	1	1	6,44903E-11	0	0,36	1
24/12/2010	24	0	0	4				6,44903E-10	0,1	1	1	1	6,44903E-11	0	0,36	1
25/12/2010	25	0	0	4				6,44903E-10	0,1	1	1	1	6,44903E-11	0	0,36	1
26/12/2010	26	0	0	4				6,44903E-10	0,1	1	1	1	6,44903E-11	0	0,36	1
27/12/2010	27	0	0	4				6,44903E-10	0,1	1	1	1	6,44903E-11	0	0,36	1
28/12/2010	28	0	0	4				6,44903E-10	0,1	1	1	1	6,44903E-11	0	0,36	1
29/12/2010	29	0	0	4				6,44903E-10	0,1	1	1	1	6,44903E-11	0	0,36	1
30/12/2010	30	0	0	4				6,44903E-10	0,1	1	1	1	6,44903E-11	0	0,36	1
31/12/2010	31	0	0	4				6,44903E-10	0,1	1	1	1	6,44903E-11	0	0,36	1
01/01/2011	32	0	0	4				6,44903E-10	0,1	1	1	1	6,44903E-11	0	0,36	1
02/01/2011	33	0	0	4				6,44903E-10	0,1	1	1	1	6,44903E-11	0	0,36	1
03/01/2011	34	0	0	4				6,44903E-10	0,1	1	1	1	6,44903E-11	0	0,36	1
04/01/2011	35	0	0	4				6,44903E-10	0,1	1	1	1	6,44903E-11	0	0,36	1
05/01/2011	36	0	0	4												