

**APLICAÇÃO DO PROCESSO DE RACIOCÍNIO DA TEORIA DAS
RESTRIÇÕES NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS
SUBMARINOS DE PETRÓLEO: UM ESTUDO DE CASO**

HELTON OLIVEIRA TALYULI

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE - UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

AGOSTO - 2013

**APLICAÇÃO DO PROCESSO DE RACIOCÍNIO DA TEORIA DAS
RESTRIÇÕES NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS
SUBMARINOS DE PETRÓLEO: UM ESTUDO DE CASO**

HELTON OLIVEIRA TALYULI

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, como parte da exigência para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Rogério Atem de Carvalho, D. Sc.

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

AGOSTO – 2013

**APLICAÇÃO DO PROCESSO DE RACIOCÍNIO DA TEORIA DAS
RESTRICÇÕES NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS
SUBMARINOS DE PETRÓLEO: UM ESTUDO DE CASO**

HELTON OLIVEIRA TALYULI

Dissertação apresentada ao Centro de
Ciência e Tecnologia da Universidade
Estadual do Norte Fluminense, como
parte da exigência para obtenção do título
de Mestre em Engenharia de Produção.

Aprovada em 16 de agosto de 2013.

Comissão Examinadora:

Prof. William da Silva Vianna, D. Sc. - IFF

Prof. Eduardo Atem de Carvalho, Ph.D. - UENF

Prof. André Luís Policani Freitas, D. Sc.- UENF

Prof. Rogério Atem de Carvalho, D. Sc. - UENF

Orientador

*Dedico esse trabalho à minha esposa e filhos, símbolos
de paciência, estímulo e cumplicidade.*

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor DEUS, supridor de todo o conhecimento e sabedoria, que pela sua infinita graça me proporcionou chegar até aqui.

Ao Professor orientador, Rogério Atem de Carvalho, que se dispôs a me auxiliar e orientar com muita dedicação e humildade.

Aos professores do Programa de Mestrado em Engenharia de Produção da UENF, pelo esmero e dedicação no ensino.

Aos familiares, pela paciência, confiança e motivação.

Aos colegas de mestrado, especialmente Helvio Jerônimo, Mara Barcellos e Marta Barros, que me ajudaram a completar este trabalho.

Aos verdadeiros colegas de trabalho, pelo apoio e palavras de encorajamento que me motivaram a alcançar o objetivo desse trabalho.

Aos coordenadores e funcionários da UENF, cooperadores para que este trabalho pudesse ser realizado.

Aos amigos e colegas, pela força e motivação durante esta jornada.

A todos que, com boa intenção, colaboraram para a realização e finalização deste trabalho.

RESUMO

APLICAÇÃO DO PROCESSO DE RACIOCÍNIO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS SUBMARINOS DE PETRÓLEO: UM ESTUDO DE CASO

Helton Oliveira Talyuli

A busca das organizações por aumento de competitividade e desenvolvimento tecnológico é crescente e a gestão da manutenção precisa fazer parte da estratégia corporativa para que esses objetivos possam ser alcançados. Nos dias de hoje, alinhar a gestão da manutenção com as metas e objetivos estratégicos tornou-se um desafio para os gestores. Esse trabalho tem o objetivo de preencher duas lacunas importantes no ambiente da gestão de contratos de manutenção de equipamentos submarinos de petróleo. A primeira diz respeito à dificuldade pelo qual os gestores de manutenção possuem em encontrar os problemas-cerne das restrições da atividade de manutenção de equipamentos submarinos. A segunda está relacionada à falta de trabalhos acadêmicos que abordem o tema proposto. Neste direcionamento, a aplicação das ferramentas dos Processos de Raciocínio (PR) da Teoria das Restrições (TOC) para identificar os problemas raiz e propor soluções, como um modelo na gestão dos contratos de equipamentos submarinos por meio de um estudo de caso, busca cobrir essas lacunas. O estudo de caso foi realizado por meio de uma pesquisa entre os profissionais ligados a gestão de contratos de equipamentos submarinos para completação de poços de petróleo de empresas localizadas na cidade de Macaé, pólo petrolífero do estado do Rio de Janeiro. Quanto ao resultado do trabalho, as árvores estruturadas e o conjunto de ações propostas geradas foram apresentados aos gestores de contrato que fizeram parte do estudo, visando testar e validar os resultados obtidos em um dos ambientes pesquisados.

Palavras-chave: Gestão da manutenção; Teoria das Restrições; Processo de Raciocínio; Equipamentos Submarinos de Petróleo.

ABSTRACT

APPLICATION THINKING PROCESS OF THEORY OF CONSTRAINTS ON MAINTENANCE MANAGEMENT OF SUBSEA OIL EQUIPMENT: A CASE STUDY

Helton Oliveira Talyuli

The search companies for add to competitiveness and technological development is increasing and maintenance management needs to be part of the corporate strategy so that these objectives can be achieved. Nowadays, aligning maintenance management with the strategic goals and objectives has become a challenge for managers. This study aims to fill two important gaps in subsea equipment contracts management atmosphere. The first concerns the difficulty by which maintenance managers have to find problems-core of subsea equipment maintenance activity constraints. The second is associated to the lack of academic papers that address the proposed subject. The application of Thinking Process (TP) tools of Theory of Constraints (TOC) to identify root problems and propose solutions, as a model in the subsea equipment contracts management through a case study seeks to cover these gaps. The case study was carried out through a research among professionals associated to well oil subsea completion equipment contract management for companies located in pole petroleum Macaé state in Rio de Janeiro. As the result of the work, the structured trees and set of actions generated proposals were presented to contract managers who took part in the study in order to test and validate the results obtained in one of the ambient studied.

Keywords: Maintenance management, Theory of Constraints, Thinking Process; Subsea Equipment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: A Relação entre o Esforço e a Resistência.....	30
Figura 2.2: Curva da Banheira.....	33
Figura 2.3: Políticas de Manutenção.....	40
Figura 2.4: Etapas do FMEA.....	49
Figura 2.5: Padrões de falha.....	53
Figura 2.6: Índices e fontes de perdas para determinação do OEE.....	63
Figura 3.1: Exemplo de Sistema produtivo com restrição de capacidade.....	70
Figura 3.2: Como ler uma Árvore de Realidade Atual.....	74
Figura 3.3: Representação Esquemática da ARA.....	75
Figura 3.4: Diagrama de Dispersão de Nuvem.....	81
Figura 3.5: Árvore da Realidade Futura.....	83
Figura 3.6: Árvore de Pré-Requisitos.....	84
Figura 3.7: Árvore de Transição.....	85
Figura 3.8: Fluxo de aplicação das ferramentas do Processo de Raciocínio.....	86
Figura 3.9: Método TPC através do fluxo de um sistema produtivo.....	90
Figura 3.10: O Método de focalização em cinco passos.....	96
Figura 4.1: Participação do mercado global de ANM e <i>Manifold</i> submarinos.....	99
Figura 4.2: Resultado estatístico dos dados agrupados em classes de tempo de experiência profissional dos especialistas na área de manutenção.....	109
Figura 4.3: Resultado estatístico dos dados agrupados em classes de tempo de experiência profissional dos especialistas na área de petróleo e gás.....	111

Figura 4.4: ARA 1 - Restrições relativas ao planejamento e programação e à política de gestão do processo de manutenção de equipamentos submarinos.....	125
Figura 4.5: ARA 2 - Restrições relativas à avaliação e controle e à qualidade dos serviços do processo de manutenção de equipamentos submarinos	126
Figura 4.6: ARA 3 - Restrições relativas à gestão da qualidade da manutenção de equipamentos submarinos	127
Figura 4.7: ARA 4 - Restrições relativas ao processo de aquisição e a gestão de estoque de materiais de equipamentos submarinos	128
Figura 4.8: ARF 1 – Efeitos desejáveis relativos ao planejamento e programação e à política de gestão do processo de manutenção de equipamentos submarinos	130
Figura 4.9: ARF 2 – Efeitos desejáveis relativos à avaliação e controle e à qualidade dos serviços do processo de manutenção de equipamentos submarinos	131
Figura 4.10: ARF 3 – Efeitos desejáveis sobre a gestão da qualidade da manutenção de equipamentos submarinos	132
Figura 4.11: ARF 4 – Efeitos desejáveis do processo de aquisição e a gestão de estoque de materiais de equipamentos submarinos	133
Figura 4.12: APR 1 – Obstáculos relativos à política de gestão manutenção	135
Figura 4.13: APR 2 – Obstáculos relativos ao treinamento e o planejamento da manutenção.....	136
Figura 4.14: APR 3 – Obstáculos relativos à avaliação e controle e à qualidade ...	137
Figura 4.15: APR 4 – Obstáculos relativos à gestão da qualidade.....	138
Figura 4.16: APR 5 – Obstáculos relativos ao processo de aquisição e a gestão de estoque	139
Figura 4.17: AT 1 – Ações relativas ao objetivo 106	141

Figura 4.18: AT 2 – Continuação das ações relativas ao objetivo 106.....	142
Figura 4.19: AT 3 – Ações relativas ao objetivo 75	143
Figura 4.20: AT 4 – Ações relativas ao objetivo 29	144
Figura 4.21: AT 5 – Ações relativas ao objetivo 16	145
Figura H.1: ANM do tipo GLL vista em corte lateral	204
Figura H.2: Camadas de uma linha flexível submarina	205

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1: Avanço das expectativas <i>versus</i> evolução da manutenção	36
Quadro 2.2: Aplicação da Metodologia RCFA.....	50
Quadro 2.3: Etapas de implementação da manutenção autônoma.....	61
Quadro 2.4: Benefícios gerais da filosofia TPM	64
Quadro 3.1: Conjunto de ferramentas do processo de raciocínio da TOC.....	72
Quadro 4.1: Lista de problemas organizados em classes de atividades de apoio à gestão da manutenção de equipamentos submarinos.....	116
Quadro 4.2: Efeitos indesejáveis e causas raízes dos problemas do processo de gestão de manutenção de equipamentos submarinos.....	119
Quadro H.1: Composição típica de um duto flexível	206

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Resultado dos dados simples de estatística descritiva relativos ao tempo de experiência do profissional de manutenção	109
Tabela 4.2: Resultado dos dados simples de estatística descritiva relativos ao tempo de experiência do profissional na área de petróleo e gás	110
Tabela 4.3: Resultados dos dados sobre o nível de escolaridade	112
Tabela 4.4: Resultados estatísticos dos dados sobre a importância das áreas de apoio ligadas à função manutenção	112

LISTA DE SIGLAS

- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas
- AGI – *Avrahan Goldratt Institute*
- ANM - Árvore de Natal Molhada
- ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
- ARA - Árvore da Realidade Atual
- ARF - Árvore de Realidade Futura
- APR - Árvore de Pré-Requisitos
- AS - Autorização de Serviço
- AT - Árvore de Transição
- BAP - Base Adaptadora de Produção
- BNDES - Banco Nacional de desenvolvimento, Econômico e Social
- BOP - *Blowout Preventer*
- BPMN - *Business Process Modeling Notation*
- CBM - *Condition Based Maintenance*
- CVE - Conjunto de vedação de emergência
- CVU - Conjunto de vedação Universal
- DBR - *Drum-Buffer-Rope*
- DDN - Diagrama de Dispersão de Nuvem
- DL - *Driver Less*
- DLP - *Driver Less Pull in*
- DLL - *Driver Less Lay away*
- DO - *Driver Operated*
- DP - *Dynamic Positioning*
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética
- EI - Efeito Indesejável

ED - Efeito Desejável

E&P – Exploração e Produção

END - Ensaio Não Destrutivo

EVE - Espaçador de vedação de emergência

EVTE - Estudo de Viabilidade Técnico e Econômico

FMEA - *Failure Mode & Effect Analysis*

FMECA - *Failure Modes, Effects and Criticality Analysis*

FTA - *Fault tree analysis*

GL - *Guide Line*

GLL - *Guide Line Less*

GQT - Gestão pela Qualidade Total

HPU - *Hdraulic Power Unit*

ISO – *International Organization for Standardization*

JIPM - *Japan Institute of Plant Maintenance*

JIPE - *Japanese Institute of Plant Engineering*

JIT - *Just in Time*

LA – Lâmina D'água

MBR - Manutenção Baseada em Risco

MCC – Manutenção Centrada em Confiabilidade

MCV - Módulo de Conexão Vertical

MPT – Manutenção Produtiva Total

MRP II - *Manufacturing Requirements Planning*

MTBF - *Mean Time Between Failure*

MTTR - *Mean Time to Repair*

NPR - Número de Prioridade de Risco

OEE - *Overall Equipment Effectiveness*

OI - Objetivo Intermediário

OM - Ordem de Manutenção

OPT - *Optimized Production Technology*

PDM - Padrão de Descrição do Material

PR – Processo de Raciocínio

PROMINP - Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural

P&G – Petróleo e Gás

PLEM - *Pipeline End Manifold*

PLET - *Pipeline End Terminator*

PM - Pedido de Material

PR - *Processo de Raciocínio*

RA - Relatório de Avarias

RBM - *Risk Based Maintenance*

RCFA - *Root Cause Failure Analysis*

RCM - *Reliability Centered Maintenance*

RIS - Relatório de Inspeção de Saída

RIR - Relatório de Inspeção de Recebimento

RRC - Recurso com Restrição de Capacidade

RTDT – Regulamento Técnico de Dutos Terrestres para movimentação de petróleo, derivados e gás natural

RTSGI – Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Integridade Estrutural das Instalações Terrestres de Produção de Petróleo e Gás Natural

SAE - *Society of Automotive Engineers*

SCPS - Sistema de Cabeça de Poço Submarino

SGA - *Small Group Activity*

TMDR - Tempo Médio de Reparo

TMEF - Tempo Médio entre Falhas

TOC - *Theory of Constraints*

TPC - *Tambor-Pulmão-Corda*

TP - *Thinking Process*

TPM - *Total Productive Maintenance*

UEP - *Unidade Estacionária de Produção*

SUMÁRIO

RESUMO	VI
ABSTRACT	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE QUADROS	XI
LISTA DE TABELAS	XII
LISTA DE SIGLAS	XIII
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	21
1.1 Objetivos	23
1.2 Justificativa.....	24
1.3 Estrutura do trabalho.....	26
CAPÍTULO 2 - A FUNÇÃO MANUTENÇÃO	27
2.1 Definição	27
2.2 Falhas.....	28
2.2.1 Medição de Falhas	31
2.3 A Evolução da Manutenção.....	35
2.4 Políticas de Manutenção	38
2.4.1 Manutenção Corretiva	40
2.4.2 Manutenção Preventiva.....	41
2.4.2.1 Manutenção de Rotina	43
2.4.2.2 Manutenção Periódica.....	43
2.4.2.3 Manutenção Preditiva.....	44
2.4.3 Manutenção por Melhorias.....	45
2.5 Melhores Práticas de manutenção	46
2.5.1 Análise do Modo e Efeito de Falha (FMEA)	47
2.5.2 Análise das Causas-Raízes da Falha (RCFA)	50

2.5.3 Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM).....	51
2.5.4 Manutenção Baseada no Risco (RBM)	54
2.5.5 Manutenção Produtiva Total (TPM).....	55
2.5.5.1 Sistema <i>Just-In-Time</i> (JIT)	56
2.5.5.2 Definição de TPM.....	58
2.5.5.3 Os pilares da TPM.....	59
2.5.5.4 Manutenção Autônoma e 5S	60
2.5.5.5 Cálculo de Eficiência Global (OEE).....	62
2.5.5.6 Benefícios do TPM	63
2.6 Comentário sobre o capítulo	65
CAPÍTULO 3 - TEORIA DAS RESTRIÇÕES	66
3.1 Introdução	66
3.2 Conceitos da TOC	68
3.3 Processos de Raciocínio da TOC	70
3.3.1 Árvore da Realidade Atual.....	72
3.3.2 Diagrama de Dispersão de Nuvem	78
3.3.3 Arvore da Realidade Futura (ARF).....	81
3.3.4 Árvore de Pré-Requisitos (APR).....	83
3.3.5 Árvore de Transição (AT)	84
3.3.6 Comentários Finais	87
3.4 Sistema TBC - Tambor, Pulmão E Corda.....	87
3.5 Regras de programação da produção da TOC	90
3.6 Cinco passos da TOC	93
3.7 Comentário sobre o capítulo	96
CAPÍTULO 4 - ESTUDO DE CASO	98
4.1 Metodologia da pesquisa.....	98
4.2 Descrição do processo de manutenção dos equipamentos submarinos.....	100

4.3 Determinação do perfil dos respondentes	104
4.4 Elaboração do instrumento da pesquisa	105
4.5 Coleta de dados	107
4.6 Análise e interpretação dos dados	108
4.7 Aplicação das ferramentas do Processo de raciocínio da TOC na Gestão de manutenção de equipamentos submarinos.....	112
4.7.1 Encontrando o problema cerne	114
4.7.2 Descobrimo a ideia para solucionar o problema	129
4.7.3 Descobrimo os obstáculos que impedem a solução	134
4.7.4 Encontrando a solução.....	140
4.8 Análise do estudo de caso	146
CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	148
5.1 Perspectivas principais.....	148
5.2 Limitações da pesquisa	150
5.3 Recomendações para trabalhos futuros.....	152
REFERÊNCIAS	153
APÊNDICE A - MODELAGEM DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS	153
APÊNDICE B - FORMULÁRIO DE PESQUISA	164
APÊNDICE C - QUADRO: DADOS DO QUESTIONÁRIO REFERENTES AOS PROBLEMAS FÍSICOS E DE POLÍTICAS DE GESTÃO	170
APÊNDICE D - QUADRO: DADOS DO QUESTIONÁRIO REFERENTES ÀS PROVÁVEIS CAUSAS-RAIZ E PROPOSTAS DE SOLUÇÃO	181
APÊNDICE E - QUADRO: DADOS DOS RESPONDENTES	186
APÊNDICE F - QUADRO: DADOS DO RESULTADO DA ATIVIDADE GARGALO DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO	187
APÊNDICE G - QUADRO: AÇÕES PROPOSTAS PARA SUPLANTAR OS OBSTÁCULOS DOS OBJETIVOS INTERMEDIÁRIOS DA APR	188
APÊNDICE H - DESCRIÇÃO SUCINTA DOS EQUIPAMENTOS SUBMARINOS	197

**APÊNDICE I - DESCRIÇÃO DO ANEXO TÉCNICO DO CONTRATO DE
MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS SUBMARINOS DE PETRÓLEO.....208**

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A gestão da manutenção tem uma importância fundamental nos dias atuais, pois está intimamente ligada aos resultados das organizações industriais. Todavia, de acordo com Belhot e Campos (1995) a manutenção, até recentemente, era relegada a um segundo plano e considerada um fator de custos e de gastos, ou seja, não participava do planejamento estratégico das organizações. Para Kardec e Nascif (2001) a função manutenção passou a desempenhar esse papel estratégico tornando-se o diferencial para as organizações líderes em seus segmentos.

Apesar deste contexto, parte das organizações ainda não dá a importância adequada à gestão da manutenção. Um dos motivos para tal afirmação, segundo Xenos (2004), é a pouca ênfase dada pelas empresas industriais ao gerenciamento da manutenção. Por outro lado, o acirramento da competitividade no mercado globalizado tem aumentado, bem como a busca pela qualidade e a produtividade. Dessa maneira, uma gestão de manutenção eficaz e eficiente é fundamental às organizações para que os objetivos possam ser alcançados.

A relevância da função manutenção nas atividades de produção é visível, principalmente em instalações físicas de bens e serviços, expressando a maneira pelo qual as empresas procuram evitar as falhas em suas instalações. Bornia (2002) afirma que a atividade de manutenção tem a função de apoiar as atividades núcleo das organizações.

Na cadeia de valor de Porter (1985), a operação manutenção é inserida como uma atividade de suporte às funções essenciais da organização. Motivadas pela necessidade de se concentrar na atividade principal e também pela busca de redução de custos, as organizações industriais cada vez mais tem utilizado a modalidade de gestão de contratos de serviços de manutenção.

Giosa (1997) afirma que a terceirização é vista como um processo de gestão e também de parceria. Essa relação de parceria é regida, segundo Almeida e Fernandes (2001), por um contrato formal contendo cláusulas referentes a preço,

forma de reajuste, forma de pagamento, aspectos técnicos, garantias, cessão, retenção, multas, prazo, foro e outras questões.

Watanabe e Buiar (2004) afirmam ser a parceria e a visão estratégica os pressupostos básicos para a terceirização. Os mesmos autores argumentam que essas relações de parceria precisam ser readequadas, pois a empresa contratante não delega somente a execução do contrato, cabendo também ao prestador de serviço a responsabilidade sobre a gestão e o compromisso dos resultados do negócio.

No cenário moderno da gestão da manutenção observa-se que cada vez mais as organizações industriais têm gerenciado os serviços de manutenção por meio de contratos de parceria de longo prazo. Esta contratação ocorre principalmente com empresas fabricantes de bens de capital, isto é, os equipamentos são adquiridos pelas organizações contratantes e firmada a contratação dos serviços de manutenção.

Os fabricantes de equipamentos submarinos encontram-se no primeiro elo dessa cadeia de fornecimento de bens e serviços de petróleo e gás (P&G), ou seja, produzem os bens e prestam serviços diretamente as operadoras do setor petrolífero (BNDES, 2012).

Em alguns casos, além dos serviços de manutenção, as empresas fabricantes dos equipamentos também operam, cabendo à empresa contratante gerenciar os contratos de manutenção e exigir os resultados e o cumprimento das cláusulas contratuais. Dessa forma, é possível a organização focar no gerenciamento do seu negócio principal ou atividade núcleo.

As empresas de *commodities*, principalmente as operadoras de petróleo¹, tem adotado a contratação de serviços de manutenção e operação com parceiros fornecedores dos equipamentos e ferramentas necessários para a completação² de poços de petróleo. Apesar das vantagens, as organizações contratantes têm

¹ Empresas multinacionais do ramo de exploração e produção de petróleo e gás natural.

² Refere-se aos elementos de acabamento de um poço de petróleo: cabeça de poço, revestimentos de produção, coluna de produção, interfaces poço-reservatório e superfície.

encontrado restrições na gestão dos contratos de manutenção. Dentre as restrições, destacam-se: tempo demasiadamente longo para conclusão da manutenção; falhas operacionais por causa da gestão inadequada da manutenção; atraso no tratamento das anomalias registradas; perda de confiabilidade; baixa disponibilidade; retrabalhos devido à má gestão da qualidade na manutenção; lentidão na aquisição de sobressalentes necessários à manutenção; altos custos logísticos; e outros.

Além disso, segundo a EPE (2012), a previsão esperada de produção potencial diária de petróleo nacional até 2021 é incrementar 158% em relação à produção de 2011.

Pelo fato do Brasil ser um dos principais consumidores de sistemas submarinos³ no mundo, a demanda por equipamentos submarinos crescerá de forma vultosa, seguindo a tendência de crescimento da produção de petróleo no país (MENDES ET AL., 2012).

Considerando o cenário exposto, encontrar a causa raiz ou as causas raiz dos problemas da gestão de contratos de serviços de manutenção de equipamentos submarinos e tratá-las torna-se uma importante alternativa para os gestores, tanto da empresa contratante como da prestadora de serviço.

Segundo Dalcon e Oliveira (2005), a Teoria das restrições ou *Theory of Constraints* (TOC) é uma filosofia de pensamento gerencial cuja premissa básica é gerenciar a partir das restrições ou gargalos que aparecem nos sistemas ou organizações com enfoque no objetivo econômico de alcançar o lucro máximo. Essa filosofia, bem como suas ferramentas, podem apoiar esses gestores numa área tão importante para as organizações, a gestão da manutenção.

1.1 OBJETIVOS

O principal objetivo do trabalho é verificar a aplicabilidade e a viabilidade das ferramentas dos Processos de Raciocínio da Teoria das Restrições na gestão de contratos de manutenção de equipamentos e ferramentas submarinos de

³ Conjunto de instalações submersas destinadas à elevação, escoamento e injeção dos fluidos gerados e produzidos em um campo de petróleo e gás.

completação de poços de petróleo da indústria nacional. A cidade de Macaé, pólo nacional da cadeia de suprimentos da área de petróleo e gás, concentra os principais fornecedores de equipamentos submarinos instalados no país.

Os objetivos específicos originados do objetivo principal do trabalho são:

- Determinar se as organizações que possuem suas bases operacionais instaladas na cidade de Macaé e que estão envolvidas na atividade de gestão da manutenção de equipamentos submarinos buscam encontrar os gargalos do processo de manutenção e se aplicam alguma metodologia da gestão da manutenção nos contratos de manutenção firmados com as empresas parceiras;
- Identificar e propor soluções para os principais problemas encontrados na gestão de contratos de manutenção de equipamentos submarinos;
- Propor um modelo para aplicação da TOC na gestão de contratos de manutenção de equipamentos submarinos.

1.2 JUSTIFICATIVA

As organizações buscam incessantemente atingir suas metas porque os novos desafios da economia globalizada e altamente competitiva impulsionam as empresas a se tornarem agentes proativos. Conforme já exposto, por um longo período, a gestão da manutenção não foi tratada como um item fundamental para o alcance dos objetivos das empresas nacionais, provocando péssimos resultados. Hoje, este cenário tem mudado e o enfoque na gestão de manutenção tem aumentado, embora ainda não tenha alcançado o ideal.

Para Kardec e Nascif (2001), a função manutenção tem compreendido rapidamente a necessidade destas mudanças, exigindo uma convergência de pensamentos e atitudes das pessoas ligadas à manutenção. Apesar dessa mudança de rumo, o processo ainda é lento e gradativo. Contudo, a visão da gestão da manutenção nos dias de hoje pelas lideranças empresariais tem convergido para a estratégia organizacional, diferentemente dos gestores do passado que enxergavam a função manutenção somente na ótica da gestão de custos.

Essa nova visão empresarial sobre a gestão da manutenção tem se mostrado um campo amplo para que novos métodos possam ser aplicados, objetivando auxiliar o gestor de manutenção a tomar melhores decisões e a buscar soluções para os problemas. No ambiente de petróleo, em particular na gestão de contratos de manutenção de equipamentos submarinos, verificam-se duas lacunas importantes e pouco exploradas.

Os inúmeros problemas físicos diariamente discutidos e pouco analisados, principalmente devido à necessidade de atender com rapidez as sondas de completação de poços de petróleo com os equipamentos e ferramentas disponíveis para a operação resultam no aumento do indicador tempo perdido de sonda ou *downtime*⁴. Essa rapidez nem sempre vem acompanhada de qualidade na manutenção e conseqüentemente ocorre o aumento do número de falhas por manutenção inadequada. As operadoras de petróleo desembolsam altos valores na contratação de sondas⁵ de completação de poços e o indicador *downtime* está intimamente relacionado com a confiabilidade da operação dos equipamentos e ferramentas mantidos.

Diante da problemática exposta, a primeira lacuna diz respeito a grande dificuldade que os gestores de contratos de serviços de manutenção da atividade de completação submarina de petróleo possuem na busca por encontrar os problemas-cerne, bem como as ferramentas e metodologias que auxiliem na solução desses problemas.

Com o cenário do ambiente de estudo já delineado, a filosofia de gerenciamento da TOC, já aplicada em vários segmentos da administração, encontra um terreno fértil para a utilização de suas metodologias, podendo servir como um modelo na gestão de contratos de manutenção e um meio de preencher a lacuna já exposta, buscando auxiliar o gestor de manutenção.

⁴ *Downtime* ou tempo não operacional é o intervalo de tempo durante o qual um item se encontra no estado parado ou indisponível, contabilizando desde a parada total até a sua partida.

⁵ Embarcações ou plataformas dotadas de equipamentos que permitem a perfuração ou completação de um poço submarino de petróleo.

Considerando que a gama de problemas físicos dos processos recaem em problemas de política de gestão, a aplicação dos Processos de Raciocínio da TOC na gestão de contratos de manutenção pode se tornar uma importante ferramenta para os gestores. Embora, segundo Csillag (2001) a TOC seja polêmica, pois questiona muitos conceitos tradicionais, sendo de difícil implantação por causa da resistência das pessoas e da estrutura organizacional a mudança de paradigmas arraigados.

Outra lacuna diz respeito à falta de trabalhos acadêmicos que explorem a aplicação dos Processos de Raciocínio da TOC na gestão de contratos de manutenção das atividades de completação de poços de petróleo, tornando a abordagem do estudo propícia para enriquecer e aprofundar a discussão sobre o assunto.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos conforme apresentados a seguir:

Capítulo 1 - contém a introdução do trabalho, bem como a descrição de seus objetivos e sua justificativa.

Capítulos 2 e 3 - apresentam a fundamentação teórica do trabalho, detalhando a função manutenção e a Teoria das Restrições sob a ótica de vários autores.

Capítulo 4 - contém o estudo de caso do trabalho, bem como a metodologia de pesquisa aplicada.

Capítulo 5 - apresenta as conclusões finais da dissertação e recomendações para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

A FUNÇÃO MANUTENÇÃO

Este capítulo aborda a definição da função manutenção e o conceito de falha, além de discorrer sobre a evolução histórica da manutenção, bem como as principais políticas adotadas e as melhores práticas ou metodologias de manutenção.

2.1 DEFINIÇÃO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, na norma NBR 5462 (ABNT, 1994) define o termo “manutenção” como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida. Item é qualquer parte, componente, dispositivo, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema. Moubray (2000) e outros autores preferem utilizar o termo ativo no lugar de item.

De acordo com Monchy (1989) o termo manutenção origina-se do vocábulo militar, pois o sentido era manter o efetivo e o material nas unidades operacionais de combate num nível constante. Inserido nas definições de manutenção, o termo “manter” merece um destaque importante. Assim, segundo Moubray (2000) manter significa continuar em um estado existente, ou seja, a manutenção é o conjunto de técnicas de ação para que os ativos físicos cumpram ou preservem sua função específica. Xenos (2004) corrobora com essa visão afirmando que manter significa realizar todo esforço no sentido de assegurar que um equipamento continue a desempenhar as funções para os quais foi projetado, num nível de desempenho exigido.

Outra definição diz que o termo manutenção é um conjunto integrado de ações desenvolvidas em todo o ciclo de vida do ativo que visa manter ou repor sua operacionalidade nas condições ideais de qualidade, custo e disponibilidade com máxima segurança. (PINTO, 1994).

Zaions (2003) amplia a definição do termo manutenção dizendo ser uma atividade gestora e executora, que visa garantir a disponibilidade e a confiabilidade

de um item físico, de modo que as funções do sistema sejam mantidas num desempenho mínimo esperado, observando os itens segurança das pessoas, das instalações e a integridade ambiental. Slack et al (2002), por sua vez, afirmam que a manutenção é o termo utilizado para abordar a forma como as organizações industriais tentam evitar que as falhas ocorram, preservando suas instalações físicas.

Várias definições e conceitos para o termo manutenção são observados na literatura. Em sua grande maioria envolvem aspectos como prevenção e recuperação de falhas, disponibilidade, confiabilidade, custos, segurança, aspectos ambientais e outros. O conceito de falha torna-se de suma importância para ampliar o entendimento sobre a função manutenção.

2.2 FALHAS

A INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION – ISO, na norma ISO 14224 (2006) define o termo falha como o término da capacidade de um item desempenhar sua função requerida. Xenos (2004) amplia a definição do mesmo termo dizendo ser a redução total ou parcial da capacidade do ativo desempenhar sua função por um período de tempo, até que o mesmo seja reparado ou substituído, causando um estado de indisponibilidade.

Para Freitas e Colosimo (1997) falha é o inverso da confiabilidade, representando a incapacidade de um sistema cumprir com seu nível especificado ou requerido. Kardec e Nascif (2001) corroboram com esse conceito afirmando que o mesmo termo é a cessação da função de um item ou incapacidade de satisfazer a um padrão de desempenho já previsto e quanto maior a quantidade de falhas menor é a confiabilidade deste item, cujo sentido está atrelado ao lado financeiro. Segundo os mesmos autores, quando não se apresenta este padrão de desempenho o termo falha é usado para identificação das seguintes situações: parada de produção; instabilidade da operação; redução da quantidade produzida; perda da qualidade do produto; e deterioração da função de comando.

Slack et al. (2002) afirmam que atualmente no mundo industrializado e competitivo, as empresas tentam ao máximo obter estratégias que visam minimizar a

probabilidade de falhas e aprender quando elas acontecerem. Entretanto, é importante que qualquer gestor reconheça que as falhas sempre ocorrerão apesar do que se faça para preveni-las. Assim, é preciso uma política de recuperação de falhas que possam ser aplicadas no momento em que elas venham a ocorrer.

Conforme Xenos (2004) existem três grandes categorias de causas de falhas que são:

- Falta de resistência: é intrínseco ao próprio equipamento, resultando em deficiência de projetos, erros em especificações de materiais e deficiência nos processos de fabricação e montagem.
- Uso inadequado: é a aplicação de esforços que estão fora da capacidade do equipamento, podendo resultar em falhas durante a operação.
- Manutenção inadequada: são as ações preventivas insuficientes ou erradas para evitar a deterioração dos equipamentos.

A Figura 2.1 mostra a deterioração provocada em todos os equipamentos sujeitos a esforços, que ao longo do tempo, diminui a resistência do equipamento. Sempre que a resistência estiver abaixo dos esforços a que estão submetidos ocorrerá uma falha. Na figura ilustrada, o esforço (E) e a resistência (R) são variáveis, sendo representados por suas distribuições estatísticas em torno do valor médio.

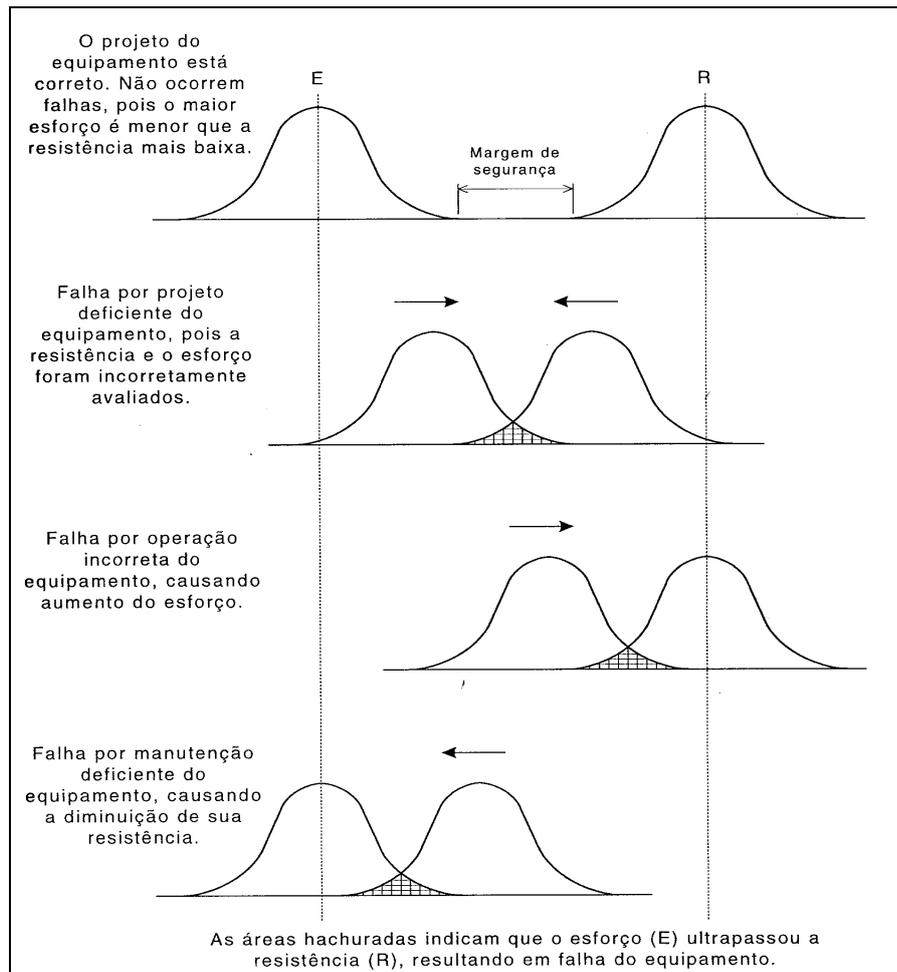


Figura 2.1: A Relação entre o Esforço e a Resistência
 Fonte: Xenos (2004).

Lafraia (2001) classifica os tipos de falhas em:

- Falhas relacionadas à idade: quando componentes aparentemente idênticos podem ter resistência variável a cargas, pois a resistência à carga diminui com o tempo de maneira diferenciada, mesmo com componentes idênticos.
- Falhas aleatórias de componentes simples: ao contrário das falhas relacionadas à idade, a deterioração nem sempre é proporcional à tensão aplicada e nem sempre é aplicada consistentemente.
- Falhas aleatórias de componentes complexos: a situação torna-se menos previsível e o incremento da complexidade tem o objetivo de melhorar o desempenho ou a segurança.

2.2.1 Medição de Falhas

Para Slack et al. (2002) há três formas de medir falhas e estão intimamente ligados que são:

- Taxa de falhas é a frequência com que uma falha ocorre;
- Confiabilidade é a probabilidade da não ocorrência da falha;
- Disponibilidade é o período de tempo útil disponível operacionalmente.

Segundo Slack et al. (2002) a taxa de falhas (λ) é calculada, conforme ilustrado na Eq. 1 ou na Eq. 2, pelo número de falhas em um dado tempo, isto é, pode ser medida como uma porcentagem do número total de produtos testados ou número de falhas no tempo. Como exemplo, o cálculo de taxa de falhas de um motor elétrico é o número de falhas do motor dividido pelo tempo de operação do mesmo.

$$\lambda = \frac{\text{Número de falhas}}{\text{Número total de produtos testados}} \times 100 \quad [1]$$

$$\lambda = \frac{\text{Número de falhas}}{\text{Tempo de Operação}} \quad [2]$$

Outra medida de falhas é o tempo médio do adequado funcionamento do item denominado TMEF (Tempo médio entre falhas) ou MTBF (*Mean Time Between Failure*), representado pela Eq. 3 a seguir:

$$TMEF = \frac{1}{\lambda} = \frac{\text{Horas de Operação}}{\text{Número de falhas}} \quad [3]$$

O TMEF sinaliza a frequência de falhas no ativo, isto é, quanto maior o TMEF, menor a taxa de falhas e consequentemente maior a confiabilidade.

Segundo Kardec, Flores e Seixas (2002) a confiabilidade é definida como a capacidade de um item desempenhar uma função especificada sobre condições operacionais ideais em um período de tempo preestabelecido. Já de acordo com Pereira (2009) a confiabilidade é a probabilidade de operar sem falha durante um período predeterminado.

Branco Filho (2006) afirma que a confiabilidade decresce à medida que aumenta o tempo ininterrupto de missão operacional com o mesmo ativo, e por esse motivo a confiabilidade busca indicar a probabilidade de sucesso na missão operacional do equipamento. Piazza (2000) complementa dizendo que a confiabilidade pode servir como medida de sucesso do sistema, cuja função é representada pela Eq. 4 a seguir:

$$R(t) = 1 - F(t) = P(T > t) \quad [4]$$

Onde $R(t)$ é a função confiabilidade de um sistema que possui a probabilidade $F(t)$ de que o sistema irá falhar através do tempo t . T é uma variável aleatória que identifica o tempo de falha.

Para Fogliatto e Ribeiro (2009) quatro distribuições de probabilidade podem ser usadas para descrever os tempos até a falha (t): Exponencial, Weibull, Gama e lognormal. A distribuição exponencial é importante nos estudos de confiabilidade por ser a única contínua com função de risco (λ) constante. A equação de confiabilidade segundo a distribuição exponencial é representada pela seguinte Eq. 5 a seguir:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad [5]$$

Sellitto (2005a) afirma que em sistemas a confiabilidade depende da confiabilidade intrínseca das partes e da natureza das conexões entre elas. Fogliatto e Ribeiro (2009) definem sistema como um conjunto de componentes interconectados segundo um projeto predeterminado de maneira a realizar funções de forma confiável, sendo representados por blocos funcionais. Segundo os mesmos autores os sistemas são classificados de várias maneiras, porém os mais usuais são os sistemas em série, os sistemas em paralelo e os sistemas mistos (série e paralelo em um único sistema).

A medida da confiabilidade total dos sistemas em série (R_S) é representada pela Eq. 6 e quanto maior o número de componentes interdependentes de um sistema, menor será a confiabilidade do mesmo. Outra peculiaridade do sistema em série é que no caso de ocorrência de falha em um componente provoca a falha de todo o sistema. Já nas instalações em paralelo a confiabilidade total do sistema

aumentará à proporção que incrementar o número de componentes ligados em paralelo. A medida da confiabilidade do sistema em paralelo é representada pela Eq. 7. Outros tipos de medida de confiabilidade de sistemas não serão abordados, pois não se aplica aos objetivos do estudo no presente trabalho.

$$RS = R1 \times R2 \times R3 \times \dots \times Rn \quad [6]$$

$$RP = 1 - (1 - R1) \times (1 - R2) \times \dots \times (1 - Rn) \quad [7]$$

Onde:

R_1 = confiabilidade do componente 1

R_2 = confiabilidade do componente 2

R_n = confiabilidade do componente n

Lafraia (2001), Kardec e Nascif (2001) e Monchy (1989) afirmam que a maioria dos componentes de um ativo tem probabilidades de falhas diferentes em etapas de vida útil diferentes. A curva que descreve a probabilidade de falha desse tipo é chamada de curva da banheira, conforme ilustrado na Figura 2.2, que é o valor esperado da taxa de falhas ao longo do tempo de observação.

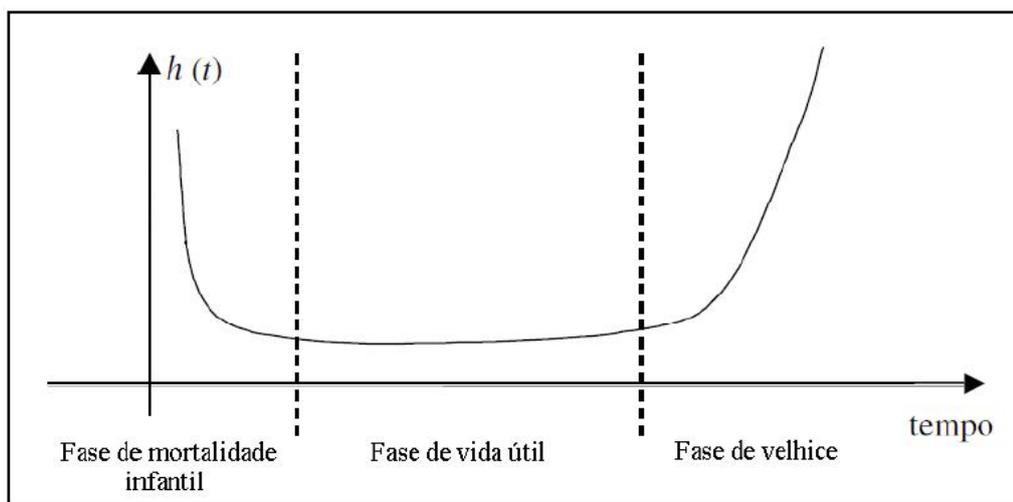


Figura 2.2: Curva da Banheira

Fonte: Sellitto (2005a)

Esta curva apresenta-se em três fases do ciclo de vida:

- Fase de mortalidade infantil ou etapa da vida inicial: grande possibilidade de falhas causadas por defeitos, deficiência de projeto ou oriundas de problemas de instalação.
- Fase de vida útil ou etapa de vida normal: quando a taxa de falhas é normalmente baixa, razoavelmente constante e causada por fatores normais, ou seja, a ocorrência de falhas é decorrente de fatores menos controláveis como fadiga ou corrosão acelerada, fruto das interações com o meio.
- Fase de velhice ou etapa de degradação ou desgaste: existe um aumento na taxa de falhas decorrente do desgaste natural, deterioração das peças e será maior de acordo com o passar do tempo.

Para Monchy (1989) um equipamento disponível está apto a ser operado, e conclui ser a disponibilidade de um ativo dependente da confiabilidade, da manutenibilidade, dos métodos e processos utilizados na política de manutenção e das atividades de apoio logístico.

Para um melhor entendimento sobre a disponibilidade, a manutenibilidade é um importante conceito a ser definido, e segundo a SAE: M-110 (1999):

É a probabilidade de um reparo em um ativo ser executado no tempo e procedimentos previamente determinados e ligado às condições de acesso ao ativo, à habilidade para o diagnóstico das falhas e aos recursos materiais e humanos adequados para execução.

A manutenibilidade pode ser expressa pelo termo TMDR (Tempo Médio de Reparo) ou MTTR (*Mean Time to Repair*) que é obtida pelo quociente do somatório dos tempos gastos com reparo ou substituição e o número de vezes em que a tarefa foi efetuada.

De acordo com Prado (2011) disponibilidade é a capacidade de um item ou ativo estar em condições de realizar uma função em um dado instante ou intervalo de tempo determinado. Kardec e Nascif (2001) citam algumas variáveis importantes da disponibilidade tais como:

- Tempo total – é o tempo total que o item poderia ficar disponível para operação.
- Tempo de funcionamento – a fração do tempo total em que o item estava em funcionamento.
- Tempo de não funcionamento – é a fração do tempo total em que o item, embora disponível, ficou parado porque não foi utilizado pela produção.

Existem diversas formas para medir a disponibilidade dependendo dos motivos operacionais. Eliminando a consequência da falha, quando a disponibilidade é usada para indicar o tempo de operação utiliza-se a Eq. 8 a seguir:

$$\text{Disponibilidade } (D) = \frac{TMEF}{TMEF + TMDR} \quad [8]$$

2.3 EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO

A substituição de uma ponta de flecha realizada no período pré-histórico, seja por quebra ou desgaste, pode ser considerada uma ação de manutenção. Então, pode-se dizer que a manutenção existe desde o aparecimento do homem (Correia, 2006).

No meio industrial, o termo manutenção originou-se com o advento da Revolução Industrial no século XVIII. Os produtos não tinham controle adequado e a política de manutenção corretiva era a única utilizada por causa da falta de técnicas de diagnóstico e prevenção da falha. Não havia manutenção sistematizada e mão de obra especializada para execução (NUNES, 2001). Moubrey (2000) denomina esta fase como primeira geração.

Com o advento da segunda guerra mundial houve um aumento na exigência da qualidade dos produtos. O incremento de vários ramos da indústria ocorreu devido ao incentivo da produção bélica ocasionado pela Guerra Fria. A mecanização se multiplicou em quantidade e complexidade. As fábricas buscavam a minimização do tempo de reparo de máquinas operatrizes por meio da criação de equipes,

através da implantação de programas mínimos de produção. Este cenário foi caracterizado pela necessidade da prevenção por falhas, surgindo a manutenção preventiva, que consistia principalmente em fazer uma revisão geral do equipamento em intervalos fixos de tempo (TAVARES, 1999). Esta fase da história é chamada por Moubray (2000) de segunda geração.

Segundo Moubray (2000) a terceira geração teve início na década de 70. De acordo com SIEVULI (2001, apud MORAES, 2004) esta fase é caracterizada pelo incremento da disponibilidade e confiabilidade dos ativos; melhoria entre a relação custo e benefício da manutenção; aumento na análise da condição do equipamento e no risco da falha; melhoria na qualidade dos produtos; controle de riscos para a segurança e saúde do trabalhador e meio ambiente; gerenciamento da manutenção por meio de computadores portáteis com softwares potentes; e o surgimento de grupos de trabalhos multidisciplinares.

Nessa fase, com o objetivo de prever as falhas, originou-se a manutenção preditiva com técnicas de monitoramento dos equipamentos por meio de sensores ou instrumentos de medição.

Analisando a linha da evolução da manutenção, Arcury Filho (2005) argumenta que há uma quarta geração denominada manutenção estratégica centrada no negócio, com destaque para o alinhamento da manutenção no planejamento estratégico organizacional, aplicação da engenharia de manutenção e gestão de ativos físicos. O Quadro 2.1 ilustra o avanço das expectativas *versus* a evolução da manutenção.

Evolução da manutenção	Ambientes situacionais	Expectativas quanto ao desempenho	Políticas predominantes	Técnicas e procedimentos
1º Geração (até 1950)	Simple tecnologia; pouca redundância; grandes estoques de peças; produtos padronizados.	Reparo após avaria; capacidade de produção estabilizada.	Corretiva	Substituição de itens; reparos de emergência; isolamento da falha.

Evolução da manutenção	Ambientes situacionais	Expectativas quanto ao desempenho	Políticas predominantes	Técnicas e procedimentos
2º Geração (1950-1980)	Tecnologia semi automatizada; redundância; produtos especializados.	Disponibilidade e produtividade dos ativos físicos; maior vida útil dos ativos e componentes; menores custos.	Preventiva	Troca sistemática de itens; revisões gerais programadas; planejamento e controle; informática – <i>main frame</i> .
3º Geração (1980-2000)	Tecnologia automatizada; alta redundância; estoques JIT; sistemas complexos; altos investimentos de capital; produtos personalizados.	Maior disponibilidade, produtividade, vida útil dos ativos físicos e segurança operacional; melhor qualidade; redução de danos ao meio ambiente; maior produtividade, competitividade e lucratividade.	Preditiva; TPM; RCM.	Monitoramento de condições e parâmetros operacionais de processo; confiabilidade e manutenibilidade nos projetos; análise de riscos, modos de falhas, causas e efeitos; microinformática, versatilidade e <i>team work</i> .
4º Geração (2000...)	Tecnologia avançada; processamento contínuo; sistemas interconectados; produtos inteligentes.	Alinhamento aos objetivos estratégicos; sistemas de gestão integrados; respeito à sustentabilidade; engenharia de manutenção; manutenibilidade	Pró ativa; gestão de ativos físicos (<i>Asset management</i>).	Redes neurais; sistemas especialistas; autoteste e autodiagnóstico; interfaces <i>wireless</i> e <i>blue tooth</i> ; multidisciplinaridade; multiespecialização.

Quadro 2.1 – Avanço das expectativas *versus* evolução da manutenção

Fonte: Moubray (1996), Riis et al. (1997), Romero (2001) adaptado por Arcury Filho (2005).

Notadamente, a evolução histórica da manutenção se dá devido ao avanço tecnológico dos equipamentos, dos processos e das técnicas de manutenção; à necessidade de controles mais eficientes dos indicadores e das ferramentas de apoio à decisão; ao desenvolvimento de estudos para controle das falhas e suas consequências; e à dependência de equipes treinadas e motivadas para enfrentar os desafios da inovação tecnológica.

Segundo Correia (2006) as exigências futuras continuarão focando na melhoria de desempenho por meio da busca por maior disponibilidade, confiabilidade e ciclo de vida útil dos ativos físicos.

Apesar da evolução da manutenção se encontrar na quarta geração, atualmente ainda se encontram práticas de manutenção relacionadas a primeira e segunda gerações, como utilização excessiva da política de manutenção corretiva, realização de reparos de emergência, aplicação de tecnologias simples e uso de manutenção preventiva com substituição sistemática de itens.

2.4 POLÍTICAS DE MANUTENÇÃO

A maneira como é realizada a intervenção nos ativos físicos caracteriza os tipos ou políticas de manutenção. Há várias maneiras para denominar as formas de atuação da manutenção na literatura. Alguns autores como Xenos (2004), Zaions (2003) e Martins & Laugene (2006) usam a nomenclatura métodos de manutenção, outros, como Kardec e Nascif (2001) e Lafraia (2001) chamam de tipos de manutenção. Autores como Dias (2003), Pinto (1999), Moraes (2004) e Rosa (2006) abordam o assunto denominando-o como políticas de manutenção.

Nos dias atuais a nomenclatura política de manutenção parece ser a mais adequada, pois como já exposto, a função manutenção está cada vez mais inserida na visão estratégica organizacional. Kardec e Nascif (2001) afirmam que os tipos de manutenção podem ser considerados como políticas, desde que seja um resultado de uma definição gerencial ou política global com base em dados técnicos e econômicos, isto é, desde que as formas de atuação da manutenção façam parte do planejamento estratégico da organização.

A maneira mais usual de classificar as políticas de manutenção, dentre outras, é conforme Lima (2000) focar entre a manutenção não planejada e a manutenção planejada.

A primeira diz respeito à correção da falha após sua ocorrência, podendo provocar perdas nos processos e elevação de custos indiretos de manutenção. Para Antunes Junior (2001) e Takahashi e Osada (2000) essa forma de ação também é denominada de manutenção corretiva emergencial, manutenção de crise ou manutenção por avaria. Rosa (2006) também entende que a manutenção de emergência é a manutenção não planejada e afirma que esse termo deve ser utilizado quando não há uma análise da falha antecipadamente à ocorrência.

Geralmente essa política é aplicada quando a opção de deixar quebrar é mais econômica que a prevenção ou quando a prevenção da falha não se mostrou eficaz (XENOS, 2004).

A segunda entende-se como um conjunto de ações que culminam em redução ou eliminação de perdas e minimização de custos e tempo de reparo. Patton (1995) classifica a manutenção planejada como manutenção Corretiva, manutenção Preventiva e manutenção por Melhorias. Zaions (2003) subdivide a manutenção Preventiva em manutenção de Rotina, manutenção Periódica e manutenção Preditiva.

A Figura 2.3 a seguir busca representar de uma forma mais completa as ramificações das políticas de manutenção. Nas próximas seções são abordadas detalhadamente as políticas de manutenção planejada e sua subdivisão.

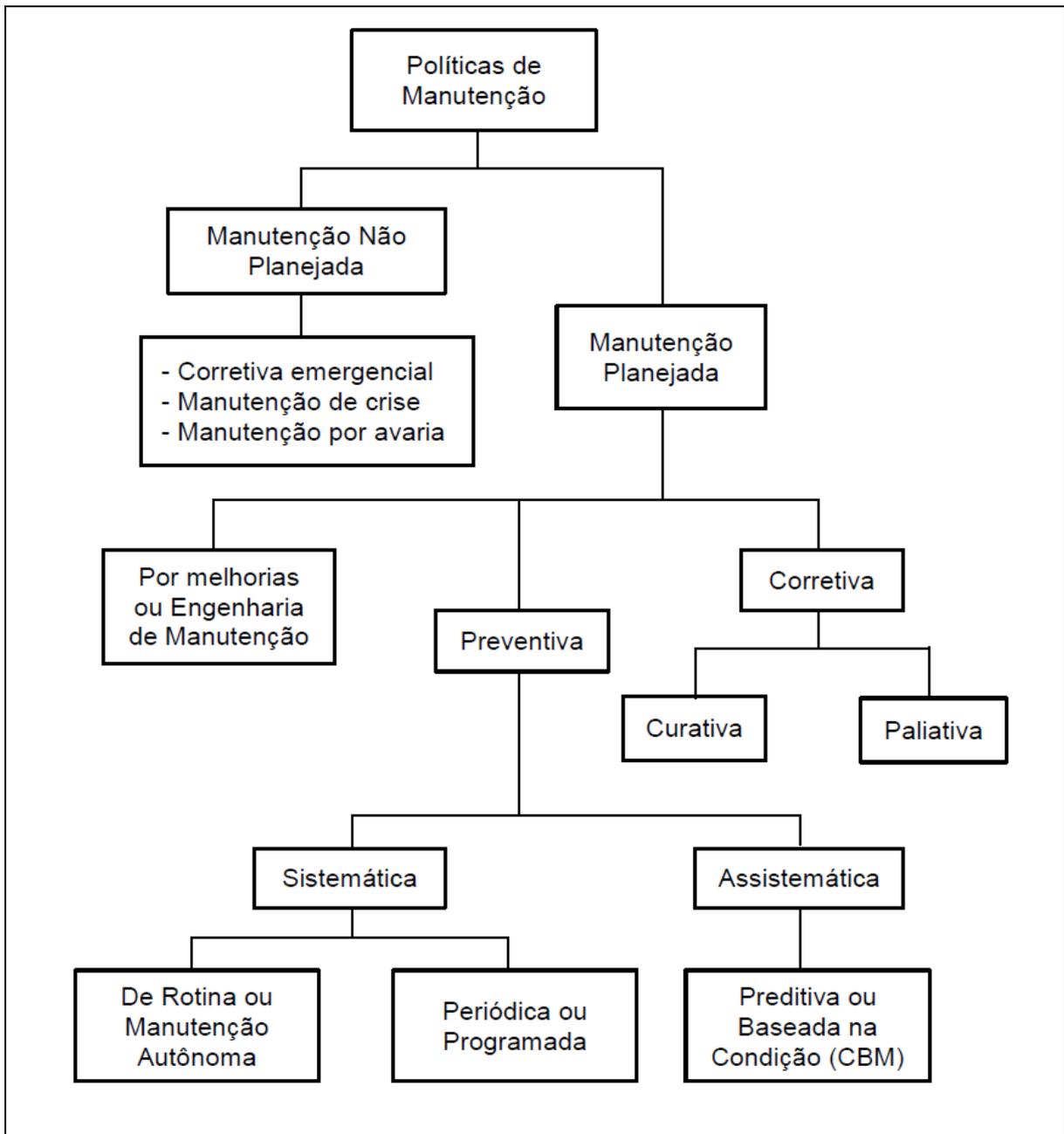


Figura 2.3: Políticas de Manutenção

Fonte: Elaborado pelo autor

2.4.1 Manutenção Corretiva

Para Viana (2002) a manutenção corretiva é uma intervenção aleatória, indefinida e conhecida como “apagar incêndios”. A intervenção imediata em sistemas de produção é necessária para evitar consequências graves ou não, aos materiais, as pessoas e ao meio ambiente.

De acordo com a norma ISO 14224:2006 o termo manutenção corretiva é definido como a manutenção efetuada após o reconhecimento de um estado de falha destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida. Já a AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS - ANP no seu Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Integridade Estrutural das Instalações Terrestres de Produção de Petróleo e Gás Natural – RTSGI: 2010 define o mesmo termo como a manutenção que inclui todas as ações com o objetivo de retornar um sistema em falha para o estado operacional ou disponível.

A manutenção corretiva não deve ser adotada como uma estratégia de manutenção para as organizações. Embora, na opinião de Slack et al. (2001), a manutenção corretiva pode ser aplicada em situações nas quais as falhas não sejam catastróficas, sejam fáceis para a reparação e haja imprevisibilidade de falha, além de situações em que a utilização da preventiva é dispendiosa.

Alguns autores, como Ferreira (1998), subdividem a manutenção corretiva planejada em manutenção paliativa e curativa. A primeira, segundo Rosa (2006) tem o objetivo de restaurar provisoriamente a função do equipamento antes do seu reparo definitivo. Caso a intenção seja a retirada definitiva da condição de falha, restaurando a função requerida do ativo é chamada de curativa.

Kardec e Nascif (2001) comentam da aleatoriedade de uma correção não planejada de uma falha, e corroborando com outros autores, afirmam que uma organização ao adotar essa estratégia não está alinhada às necessidades de competitividade atuais. Já a correção planejada por decisão gerencial, seja na prática preventiva, preditiva ou decisão de operar até a quebra, considerando os fatores ambientais, de custo e segurança, é a melhor política a ser escolhida.

2.4.2 Manutenção Preventiva

Conforme definição da NBR-5462 (1994, p.7), a manutenção preventiva é: “Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”.

Viana (2002) diz que a Manutenção Preventiva são serviços realizados em intervalos predeterminados, objetivando a redução da probabilidade de falha em sistemas ou máquinas que não estejam em falha, isto é, sistemas que estão em condições operacionais ou zero defeito. Já Kardec e Nascif (2001) definem como a atuação executada para redução ou eliminação da falha ou queda de desempenho, com base em intervalos de tempos definidos, contemplado por um plano previamente elaborado.

As definições citadas por Viana (2002) e Kardec e Nascif (2001) contemplam os objetivos da manutenção preventiva que, de acordo com Monchy (1989) e Xenos (2004) são a prevenção da deterioração da falha do item físico, a detecção de falhas potenciais e a descoberta de falhas ocultas, na condição de sistema parado antes da necessidade do mesmo entrar em operação.

Conforme Slack et al. (2002) a manutenção preventiva devido ao seu maior custo é utilizada em processos cujas falhas resultam em situações de grande risco e exigem uma alta confiabilidade, tais como manutenções preventivas em turbinas de aeronaves e sistemas contra incêndio em plantas de processo. A utilização desta manutenção aplica-se principalmente quando é alto o custo da falha não planejada ou quando se tem que interromper a produção e a intervenção pode ser programada antes que a falha torne-se muito provável.

Já para Wyrebski (1997) a manutenção preventiva apresenta algumas desvantagens tais como: necessita de um programa estruturado, um plano de manutenção eficaz, uma equipe de manutenção bem treinada e maiores custos de sobressalentes pelo motivo de substituição de itens antes dos mesmos atingirem o limite do ciclo de vida.

Kardec e Nascif (2001) comentam que ao longo da vida útil do equipamento não se pode descartar a falha entre duas intervenções preventivas, implicando numa manutenção corretiva. É verdade que a manutenção preventiva promove um conhecimento prévio das ações, permite um bom gerenciamento das atividades e recursos e prevê o consumo de peças e materiais. Entretanto, questionamentos à política de utilização da manutenção preventiva sempre serão levantados porque introduz defeitos não existentes nos equipamentos, promove paradas das máquinas

que poderiam estar produzindo, além do erro humano, falha de itens sobressalentes, contaminações em sistemas e falhas dos procedimentos de manutenção. Os mesmos autores complementam, considerando que para a adoção da política de manutenção Preventiva os seguintes fatores devem ser considerados:

- Quando a preditiva não for aplicável.
- Motivos mandatórios como aspectos de segurança pessoal, da instalação e ambiental.
- Quando os equipamentos no sistema são críticos.
- Sistemas complexos e de operação contínua.

2.4.2.1 Manutenção de Rotina

A manutenção de rotina é definida como a manutenção realizada em intervalos de tempo pré-determinados e associada a leves e pequenas intervenções (MIRSHAWKA e OLMEDO, 1993). Para Zaions (2003) consta de inspeções e verificações técnicas de ativos físicos.

Na literatura, autores como Lima (2000) e Xenos (2004) consideram a manutenção preventiva de rotina como a manutenção autônoma, realizada diariamente não somente pela equipe de manutenção, mas também pelos operadores dos ativos físicos dos processos fabris.

2.4.2.2 Manutenção Periódica

A manutenção Periódica é aquela realizada em intervalos de tempo pré-determinados, definidos proporcionalmente à deterioração do ativo físico (LIMA, 2000). Zaions (2003) amplia a definição dizendo que além de ser a manutenção baseada em intervalos definidos de tempo, é uma ação executada de maneira a minimizar ou evitar a falha ou perda de desempenho seguindo um plano prévio elaborado.

Vários autores consideram a manutenção periódica como a manutenção preventiva propriamente dita. Autores, como Mirshawka e Olmedo (1993), Correia

(2006) e Rosa (2006) conceituam a manutenção periódica como sistemática. Outros, como Lima (2000) conceituam como manutenção programada.

2.4.2.3 Manutenção Preditiva

De acordo com a AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS - ANP no seu Regulamento Técnico de Dutos Terrestres para movimentação de petróleo, derivados e gás natural – RTDT: 2011 a Manutenção Preditiva ou Manutenção Controlada é definida como a:

Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para otimizar a manutenção preventiva e a manutenção corretiva.

Para Kardec e Nascif (2001) a Manutenção Preditiva é uma manutenção planejada conhecida como CBM (*Condition Based Maintenance*) ou manutenção baseada na condição, permitindo que os equipamentos operem por um tempo maior e a intervenção ocorra com base em fatos e dados, e não em suposições.

De acordo com Viana (2002), a Manutenção Preditiva são tarefas de manutenção preventiva que tem como objetivo o acompanhamento de máquinas por monitoramento, controle estatístico ou medições, tentando assim prever a proximidade da ocorrência da falha. O mesmo autor afirma que tal manutenção evita desmontagens para inspeção, utilizando assim o equipamento até o máximo de sua vida útil.

Segundo Takahashi e Osada (2000) a manutenção preditiva é um método de manutenção que consiste em diagnosticar com máxima precisão o período de quebra de determinada máquina, permitindo uma melhor intervenção. Caso a lei da degradação do item físico seja desconhecida, a manutenção preditiva é a melhor opção, pois ocorre quando se aplica a supervisão contínua dos parâmetros de controle.

Para alguns autores, como Rosa (2006) a manutenção preditiva é conceituada como preventiva assistemática. Segundo o mesmo autor a adoção da estratégia de manutenção preditiva traz muitas vantagens, dentre as quais:

- Redução de acidentes ocasionados pelo ativo físico, permitindo uma parada segura quando não for possível uma parada instantânea por meio de alarmes e sensoriamento remoto;
- Maior disponibilidade do equipamento devido ao maior tempo de operação evitando perdas por paradas inesperadas por meio do ajuste às paradas com a programação da produção;
- Maior disponibilidade da máquina por causa do menor tempo de manutenção pelo fato de permitir a parada antes que danos maiores possam aumentar o tempo de reparo;
- Maior produção líquida devido à condição de monitoramento do consumo e eficiência das máquinas em carga máxima, sinalizando onde necessita melhorar.

Britto (2006) afirma que o controle preditivo da manutenção, onde as ações controlam indiretamente os efeitos de acidentes, quebras e mau funcionamento, são realizados no ponto ótimo para a execução da manutenção preventiva no equipamento, ou seja, no momento ideal em que a probabilidade da falha assume valores indesejáveis.

2.4.3 Manutenção por Melhorias

Patton (1995) define a manutenção por Melhorias como um conjunto de ações para mitigar ou eliminar a necessidade de executar a manutenção. Praticar a manutenção por melhorias nos ativos físicos significa melhorá-los gradativamente, continuamente e progressivamente além de suas especificações originais e de projeto por meio de modificações, modernizações, reprojeto e outros melhoramento contínuos (XENOS, 2004).

Segundo Lima (2000) aplica-se a manutenção por melhorias nos seguintes casos: quando o ativo tem ciclo de vida curto, possui elevado índice de falhas e alto custo de manutenção; quando o TMDR é longo e há possibilidade de propagação da falha; e quando a dispersão do TMEF é grande.

Kardec e Nascif (2001) conceituam esse tipo de manutenção como Engenharia de Manutenção dizendo ser uma nova concepção que constitui uma quebra de paradigma para as organizações e uma mudança cultural. Os mesmos autores definem como um conjunto de atividades que permitem o aumento da confiabilidade e a garantia da disponibilidade, ou seja, é deixar de conviver com problemas crônicos, melhorar padrões e sistemáticas com desenvolvimento da manutenibilidade, realizando *feedback* nos projetos e interferindo de forma técnica nas compras.

2.5 MELHORES PRÁTICAS DE MANUTENÇÃO

As melhores práticas de manutenção devem estar conectadas aos negócios da organização, contribuindo com o objetivo de levar a organização industrial à posição de liderança mundial. Também chamadas por alguns autores como metodologias, métodos ou ferramentas de manutenção, permitem a redução do tempo de reparo e o aumento da confiabilidade evitando retrabalhos. As práticas ou ferramentas básicas mais utilizadas pelas organizações serão detalhadas nas próximas seções:

- Análise do Modo e Efeito da Falha (*Failure Mode & Effect Analysis – FMEA*);
- Análise das Causas-Raiz de Falha (*Root Cause Failure Analysis – RCFA*);
- Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) ou *Reliability Centred Maintenance* (RCM);
- Manutenção Baseada em Risco (MBR) ou *Risk Based Maintenance* (RBM);
- Manutenção Produtiva Total (MPT) ou *Total Productive Maintenance* (TPM);

Kardec e Nascif (2001) classificam FMEA, RCFA e RCM como ferramentas para aumento da confiabilidade.

2.5.1 Análise do Modo e Efeito de Falha (FMEA)

O FMEA é uma ferramenta de gerenciamento de riscos que possui o objetivo de identificar os possíveis modos de falhas de um processo, suas causas e os efeitos sobre os clientes, permitindo agir de forma a mitigar ou eliminar a probabilidade de ocorrência dessas falhas (PALADY, 2002). Segundo Stamatis (1995) o FMEA é um método padronizado para resolução de problemas de maneira sistemática e completa, permitindo a seleção e a priorização de políticas de melhoria que deverão ser executadas.

Para Lima et al. (2006), o FMEA tem um caráter qualitativo e se utilizado de forma pura pode apresentar alguns erros, podendo levar à perda de confiabilidade. Por isso a necessidade de uma ferramenta quantitativa para cobrir essa lacuna, como a FTA (Análise da árvore de falhas) ou FMECA (Análise do modo, efeito e criticidade da falha), melhora a eficácia dos valores de NPR (Número de Prioridade de Riscos) nas planilhas do FMEA.

Para Slack et al. (2002) o objetivo do FMEA é a identificação das características de produtos e serviços que são críticos para vários tipos de falhas. É uma forma de identificar as falhas antes que aconteçam através de uma lista de verificação, construído com base em três perguntas chaves para cada causa possível de falha:

- Qual a probabilidade da ocorrência da falha?
- Qual a conseqüência da falha?
- Qual a probabilidade da detecção da falha antes de impactar o cliente.

Com base em uma avaliação quantitativa das perguntas-chaves calcula-se o NPR para cada causa potencial da falha e aplicam-se ações corretivas para prevenção da falha. É fundamental a aplicação de sete passos para a confiabilidade do método, na seguinte ordem:

1. Identificação das partes componentes dos produtos ou serviços.
2. Lista dos modos de falhas dos componentes.

3. Identificação dos possíveis efeitos da falha (tempo parado, insegurança, necessidade de consertos e outros).
4. Identificação das causas possíveis para cada modo de falha.
5. Avaliação da probabilidade da falha, da severidade dos efeitos da falha e da probabilidade de detecção.
6. Cálculo do NPR.
7. Execução da ação que minimize falhas nos modos de falha que mostram um NPR alto.

De acordo com Kardec e Nascif (2001) existem três níveis de FMEA: projeto, processo e sistema. Projeto dedica-se a eliminar as causas da falha considerando todos os aspectos; processo foca a manutenção e a operação do equipamento; e sistema preocupa-se com as falhas potenciais e as restrições no processo global, como uma linha de produção. O pessoal de manutenção está mais ligado ao FMEA de processo ressaltando a importância de grupos multidisciplinares para uma melhor eficácia da ferramenta. A seguir são descritos os conceitos básicos para a análise crítica:

- Causa – meio pelo qual um item do projeto ou processo resulta em um modo de falha.
- Efeito – é uma consequência adversa para o cliente, podendo ser um consumidor ou usuário.
- Modos de falha – categorias de falha.
- Frequência – probabilidade de ocorrência da falha.
- Gravidade da falha – indica como a falha afeta o cliente.
- Detectabilidade – grau de facilidade de detecção da falha.
- NPR – Número de Prioridade de Risco da falha que é resultado do produto da Frequência pela Gravidade da Falha e pela Detectabilidade.

Zaions (2003) apresenta as etapas que devem ser seguidas para análise de um sistema ou subsistema do FMEA, ilustradas por meio da Figura 2.4. As etapas

são desenvolvidas a partir do conhecimento e identificação do sistema, bem como suas funções e falhas funcionais.

Lafraia (2001) cita alguns benefícios da utilização do FMEA a seguir:

- Diminuição do tempo de ciclo de um produto;
- Diminuição do custo global de projetos;
- Redução de falhas potenciais em serviço;
- Redução dos riscos do produto para o consumidor;
- Desenvolvimento de metodologia para a prevenção de defeitos ao invés de detecção e correção.

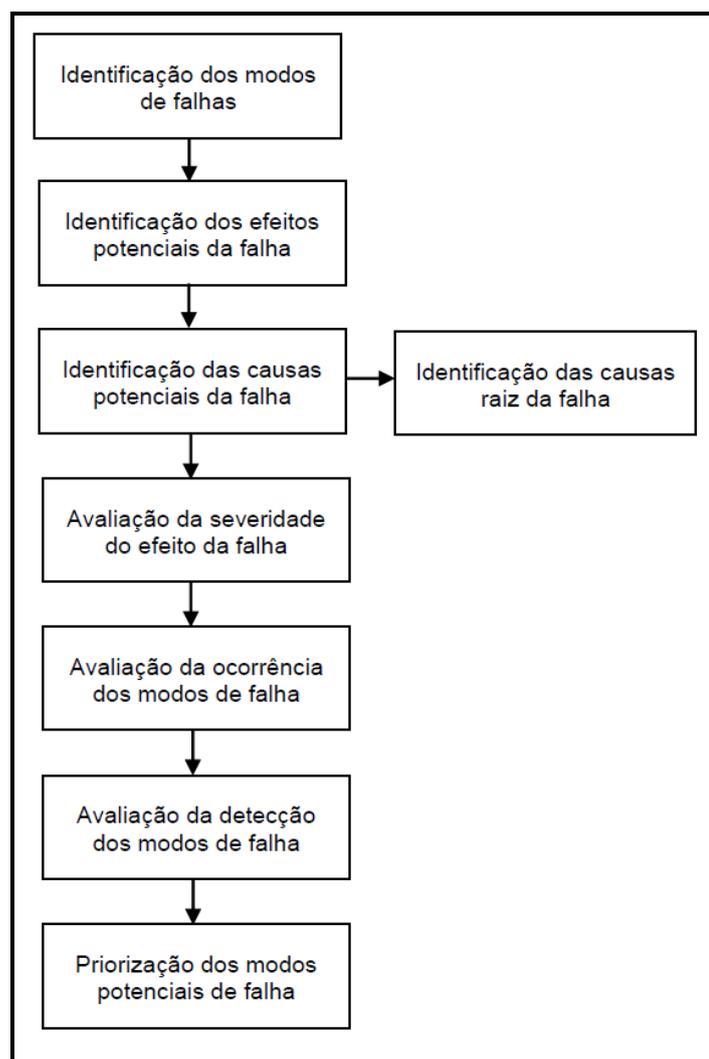


Figura 2.4 – Etapas do FMEA

Fonte: Adaptado de Zaians (2003).

2.5.2 Análise das Causas-Raízes da Falha (RCFA)

Este tipo de método era utilizado para equipamentos mais críticos no sistema, porém atualmente o seu uso é recomendado de maneira mais geral, principalmente em problemas crônicos. Vale ressaltar que problemas crônicos na organização é sinal de uma Gestão de Manutenção ruim. RCFA tem como base o questionamento do “Por quê?”. A técnica recomenda que esta pergunta seja feita tantas vezes forem necessárias, até que a questão não faça mais sentido. Toda análise de RCFA deve ser documentada para apoio à decisão de implementação de melhorias e modificações, além de servir de referência para análise futura. (KARDEC & NASCIF, 2001).

O Quadro 2.2 exemplifica a aplicabilidade desta metodologia e evidencia que a causa-raiz, neste exemplo, é a falta de treinamento do operador, indicando que o plano de treinamento deve ser melhorado.

Perguntas	Respostas
Por que vazou o fluido da bomba?	Houve falha do selo mecânico
Por que o selo mecânico falhou?	Desgaste excessivo das faces de vedação
Por que ocorreu o desgaste?	Houve superaquecimento
Por que houve o superaquecimento?	O <i>flushing</i> não estava alinhado
Por que o <i>flushing</i> não estava alinhado?	O operador se esqueceu de abrir a válvula
Por que o operador esqueceu de abrir a válvula?	O operador é novo e não havia operado este tipo de bomba
Por que o operador não tinha operado este tipo de bomba?	O seu treinamento não contemplou este tipo de bomba

Quadro 2.2: Aplicação da Metodologia RCFA

Fonte: Adaptado de Kardec & Nascif (2001).

2.5.3 Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM)

A RCM (*Reliability Centered Maintenance*) ou MCC surgiu com o desenvolvimento da engenharia de confiabilidade na década de 50, onde as ferramentas analíticas foram criadas para estimular a confiabilidade dos componentes, sistemas mecânicos e elétricos (ZAIONS, 2003).

Um dos marcos do desenvolvimento da RCM foi um relatório comissionado pelo departamento de defesa dos Estados Unidos da América para a *United Airlines* e preparado por Stanley Nowlan e Howard Heap em 1978, contendo uma descrição do desenvolvimento e da aplicação do RCM da indústria da aviação civil (MOUBRAY, 2000).

Nos últimos 30 anos a RCM disseminou-se para outros setores industriais e não somente na indústria aeronáutica. Segundo Brito (2006) a RCM passou a ser aplicada para a garantia da confiabilidade dos itens físicos e como uma metodologia essencial no planejamento da política de manutenção preventiva. Esse fato ocorreu devido o aumento dos custos da manutenção ao longo dos anos e da importância dada à atividade de manutenção que passou a ser vista como estratégica para elevação da vida útil dos ativos físicos.

Segundo definição de Moubray (2000) a MCC é um processo utilizado para determinar o que deve ser realizado em um sistema industrial com o objetivo de garantir que os ativos físicos executem suas funções. Para Britto (2006) é uma metodologia sistemática, utilizada para aperfeiçoar as estratégias de manutenção.

Nagao (1998) e Furmann (2002) caracterizam a metodologia RCM pela utilização da técnica FMEA, ou seja, o acompanhamento sistemático para identificar os modos e efeitos de falhas, e suas causas, que podem levar o ativo ao não cumprimento da sua função operacional. Os mesmos autores ainda afirmam que a RCM é uma ferramenta para auxílio à decisão gerencial.

Anhesine (1999) amplia o conceito da RCM dizendo ser uma técnica utilizada para as tarefas de manutenção preventiva necessária para a execução e aprimoramento da confiabilidade do equipamento, com recursos a um custo mínimo. Ainda, segundo o mesmo autor, é também uma metodologia de lógica disciplinada e um processo que envolve a sistemática das funções de um ativo, o seu modo de

falhas e um critério baseado em fatores econômicos e de segurança para a aplicação de uma estratégia de manutenção eficaz.

Viana (2002) e Beehler (1997) citam quatro objetivos básicos da Manutenção Centrada em Confiabilidade, que são os seguintes:

- Preservar as funções do sistema;
- Identificar os modos de falha que influenciam tais funções;
- Identificar a importância dos modos de falha;
- Definir tarefas preventivas em relação às falhas funcionais.

Para que os quatro objetivos sejam alcançados, a metodologia RCM deve ser desenvolvida seguindo os passos descritos abaixo por Fogliato e Ribeiro (2009):

1. Escolha da equipe de trabalho
2. Capacitação da equipe em MCC.
3. Estabelecimento dos critérios de confiabilidade.
4. Estabelecimento da base de dados.
5. Aplicação da FMEA e classificação dos componentes.
6. Seleção das atividades de manutenção preventiva pertinentes.
7. Documentação das atividades de manutenção preventiva.
8. Estabelecimento de metas e indicadores.
9. Revisão do programa MCC.

De acordo com Viana (2002) duas etapas fundamentais devem ser utilizadas para a implantação da metodologia RCM: seleção de um sistema operacional a ser estudado, sendo recomendável um sistema com menor disponibilidade física do processo; e formação da equipe de RCM multidisciplinar com foco no resultado.

O processo RCM adota o modelo dos seis padrões de falhas ilustrados na Figura 2.5 que representam a frequência de ocorrência das falhas em relação ao tempo de operação do equipamento (MOUBRAY, 2000; SMITH, 1993; LAFRAIA, 2001).

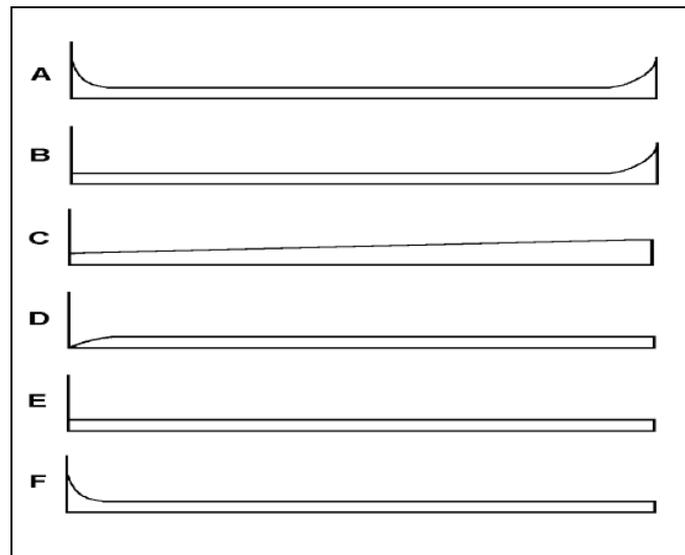


Figura 2.5: Padrões de falha

Fonte: Moubray (2000).

Uma breve análise das curvas, segundo Zaions (2003), indica que:

- O padrão A é a curva da banheira já exposta anteriormente, demonstrando uma elevada ocorrência de falhas no início de operação (mortalidade infantil), seguida de uma frequência constante de falhas e finalizando com um aumento devido à degradação ou desgaste do equipamento ou sistema.
- O padrão B apresenta probabilidade constante de falha ou aumento gradual seguida de uma zona de desgaste ao final da vida útil.
- O padrão C apresenta um aumento lento e gradual na probabilidade de falha, porém não identificado com a idade do desgaste.
- O padrão D aponta uma baixa probabilidade de falha seguida de rápido aumento para um patamar de probabilidade de falha constante.
- O padrão E apresenta probabilidade de falha para qualquer idade, configurando em falha aleatória.
- O padrão F apresenta mortalidade infantil seguida de queda para uma situação de probabilidade constante ou aumento lento e gradual para as demais idades.

Os padrões A, B e C representam falhas típicas por fadiga ou corrosão e os padrões D, E e F representam falhas típicas em equipamentos complexos.

Conforme Pinto e Lima (2007) a aplicação da RCM nos diversos setores industriais tem demonstrado benefícios comparando-os com as metodologias tradicionais. Alguns ganhos significativos de acordo com Moubray (2000) são:

- Maior segurança e proteção ambiental;
- Melhor qualidade dos produtos e serviços;
- Completo banco de dados de manutenção;
- Vida útil mais longa das máquinas, equipamentos e sistemas;
- Maior otimização do custo de manutenção;
- Melhor desempenho operacional dos ativos;
- Maior motivação das pessoas devido o trabalho em equipe.

Pinto e Lima (2007) concluem que a RCM é uma ferramenta que está cada vez mais sendo utilizada no mundo e com resultados excelentes, sendo seu método focado na relação custo e benefício de cada ação, objetivando manter a função desejada do sistema.

2.5.4 Manutenção Baseada no Risco (RBM)

Starr e Bissel (2002) definem a Manutenção Baseada no Risco como uma política de manutenção focada na procura pela redução do risco global do equipamento, ou seja, é um método quantitativo em que o grau do risco é utilizado para priorizar as inspeções e tarefas de manutenção.

De acordo com Oliveira et al. (2008) a RBM (*Risk Based Maintenance*) é uma metodologia de manutenção que enfoca no desenvolvimento de estratégias de gestão de ativos, baseadas no risco, e com abrangência nas atividades de inspeção, manutenção e testes otimizados. Isto implica em maior disponibilidade dos sistemas

e redução de custos com a manutenção da integridade dos ativos. Ainda, segundo Starr e Bissel (2002), a RBM visa à redução da probabilidade de uma falha inesperada que poderia resultar em acidente as pessoas ou ambiental.

Fuentes (2006) afirma que a metodologia RBM é composta de três módulos principais descritos a seguir:

1. Determinação do risco, consistindo na identificação e estimativa do risco, com quatro etapas básicas que são: descrição do cenário das falhas; avaliação dos efeitos das falhas; análise das probabilidades para a ocorrência das falhas; e estimativas do risco.
2. Avaliação do risco, para estimá-lo com as seguintes etapas: definição de critério para que o nível do risco seja aceitável de acordo com sua natureza e tipo; comparação do risco estimado com o nível definido como aceitável; e definição das prioridades de manutenção.
3. Planejamento de manutenção considerando os fatores de risco com as seguintes etapas: estimativa do melhor intervalo para as manutenções; reestimativa; e reavaliação do risco.

Fuentes (2006) conclui que a determinação de um plano de manutenção que minimize o nível do risco resultante de uma falha do sistema é o objetivo principal desta análise. O grau do nível de risco aceitável é determinado pela utilização de técnicas apropriadas.

Calligaro (2003) afirma que a RBM tem como objetivo buscar a otimização do retorno financeiro das manutenções alinhada com a decisão de realizar ou não a manutenção. Para isto é necessário avaliar o retorno financeiro, a probabilidade da falha, a severidade do efeito da falha em caso de ocorrência e as consequências da tomada de decisão.

2.5.5 Manutenção Produtiva Total (TPM)

Após a Segunda Grande Guerra, o Japão estava arrasado e, como a indústria japonesa estava toda voltada para produção bélica, tinha como desafios recompor suas indústrias de bens e serviços e atingir as metas governamentais impostas para

a reconstrução do país. O grande desafio do Japão, na época, era conseguir exportar produtos manufaturados, pois era considerado como uma nação que exibia produtos de qualidade baixa ou de segunda categoria, além de possuir poucos recursos naturais disponíveis. Dentro deste contexto, a busca pela qualidade provocou o surgimento da Manutenção Produtiva Total (MPT) ou *Total Productive Maintenance* (TPM) que nos últimos 50 anos evoluiu de um simples Programa de Manutenção para um Sistema de Gestão Empresarial.

A primeira empresa a aplicar a TPM foi a *Nippondenso* na década de 60, principal fornecedora de componentes elétricos para o grupo *Toyota Company*. O objetivo da empresa era viabilizar o sistema *Just in time* (JIT) por meio da melhoria da confiabilidade dos equipamentos, sob a liderança do Instituto Japonês de Engenharia Industrial (JIPE - *Japanese Institute of Plant Engineering*) na figura de Seiichi Nakajima. O JIPE foi o precursor do Instituto Japonês de Manutenção Industrial (JIPM - *Japanese Institute of Plant Maintenance*), órgão de disseminação do TPM no mundo (JIPM, 2010; PALMEIRA e TENÓRIO, 2002; KENNEDY, 2010).

2.5.5.1 Sistema *Just-In-Time* (JIT)

Alves (2002) comenta que o sistema JIT é uma filosofia de administração de manufatura que surgiu na década de 60 no Japão cujo idealista foi Taiichi Ohno, vice-presidente da *Toyota Motor Company*. Os principais conceitos desta filosofia são independentes da tecnologia, visando à administração de maneira simples e eficiente, buscando aperfeiçoar a utilização dos recursos produtivos. Segundo o mesmo autor, o desenvolvimento do JIT deve-se a partir de três idéias básicas:

1. Integração e otimização do processo de manufatura, ou seja, tudo que não agrega valor ao produto é desnecessário e precisa ser eliminado.
2. A melhoria contínua (*Kaisen*) cujas características básicas são: o trabalho em equipe, descentralização do poder, aproveitamento das potencialidades humanas e competitividade.

3. Entender e responder as necessidades dos clientes, significando o atendimento aos clientes nos requisitos de qualidade, prazo e custo, além da inserção de fornecedores neste processo.

O JIT, segundo Slack et al. (2002), é definido como uma abordagem disciplinada com a visão de aprimorar a produtividade global e eliminar os desperdícios, possibilitando a produção eficaz e usando o mínimo de recursos possíveis. Já Ohno (1997) define o JIT como um sistema que tem como objetivo produzir os itens certos, nas quantidades necessárias, no tempo certo e na qualidade estabelecida.

A diferença básica entre o JIT e a abordagem tradicional, já que ambas visam à alta eficiência da produção, é que a tradicional protege cada etapa produtiva de possíveis distúrbios, idealizando a não interrupção; e o sistema JIT, com uma visão oposta a da tradicional, expõe o sistema aos problemas, tornando-os evidentes para assim direcioná-los à solução adequada.

Motta (1993) afirma que a filosofia *Just in Time* é um dos pilares para o funcionamento do Sistema Toyota de Produção, sendo o sistema JIT uma técnica de gerenciamento que pode ser aplicada em qualquer área da organização.

Para Gusmão (1998) o foco central do sistema JIT é a produção sem geração de estoques na produção, e para que haja uma implementação eficaz alguns princípios fundamentais devem ser incorporados:

- Priorizar o mercado no momento e quantidades necessárias, combatendo os desperdícios.
- Combater os problemas de qualidade tidos como desperdícios graves, tais como retrabalhos e refugos.
- Estoques minimizados. Os estoques são utilizados para combater as incertezas do mercado e camuflam as causas das incertezas impedindo o combate das mesmas.
- Lotes cada vez mais reduzidos, em função dos custos de armazenagem e preparação.

- Melhor aproveitamento da mão de obra, evitando baixo nível de ocupação e buscando a multifuncionalidade operacional.

A efetivação do sistema JIT passa pela estruturação de alicerces básicos e são apoiados nos trabalhos de Yasuhiro Mondem documentados em sua obra “Produção sem estoques: uma abordagem prática ao Sistema Toyota de Produção”. Os alicerces são os seguintes: redução dos tempos de *set-up*; padronização de operações; *layout* do posto de trabalho; trabalhador multifuncional; desenvolvimento de fornecedores; garantia da qualidade; e Manutenção Produtiva Total (MONDEN, 1984 APUD GUSMÃO, 1998).

2.5.5.2 Definição de TPM

TPM é uma metodologia de gestão estratégica focada na construção da qualidade do produto através da maximização da eficácia dos equipamentos e sistemas, abraçando o conceito de melhoria contínua da gestão da qualidade total através da integração de toda organização. (SOCIETY OF MANUFACTURING ENGINEERS, 1995).

Para Robinson e Ginder (1995) TPM é uma metodologia cuja meta é provocar mudanças através de um conjunto de atividades estruturadas que podem levar a uma melhoria da gestão de ativos das plantas de processo quando devidamente realizadas pelas pessoas e equipes da empresa.

Cooke (2000) afirma que a intenção da metodologia TPM é integrar duas funções: produção e manutenção, combinando as melhores práticas de trabalho e das equipes, focando no processo de melhoramento contínuo.

Em vez de focar somente no ativo físico, o programa TPM foi ampliado para a organização como um todo caracterizado em cinco elementos (NAKAJIMA, 1989):

- Criação de uma cultura empresarial que maximize a eficiência dos sistemas produtivos;
- Gerenciamento da planta como uma organização que minimize as perdas, por meio do estabelecimento de objetivos orientados a “zero

acidente” e “zero defeito”, ao longo do ciclo de vida dos sistemas produtivos;

- Envolvimento de todas as funções organizacionais na implantação do TPM, incluindo a gestão do desenvolvimento de produtos, produção e vendas;
- Envolvimento de todos os funcionários desde a alta administração até os funcionários de chão de fábrica;
- Orientação às ações visando atingir “zero perda” utilizando-se da ação de pequenos grupos ou *Small Group Activity* (SGA).

2.5.5.3 Os pilares do TPM

Os princípios básicos do programa TPM são organizados em pilares que podem variar dependendo do autor, entretanto, para que a meta de maior eficiência produtiva possa ser alcançada através da aplicação deste sistema de gestão, Nakajima (1989) elaborou um modelo baseado em oito pilares aceitos e definidos a seguir:

- a) Melhoria específica é responsável pela gestão das informações dos equipamentos e sistemas objetivando o desenvolvimento da melhoria contínua ao processo de manutenção com redução e eliminação das perdas crônicas do processo;
- b) Manutenção autônoma é a manutenção dos equipamentos realizada pelos operadores para garantir alto nível de produtividade através do autogerenciamento e controle, elaboração e cumprimento dos padrões e aplicação do TPM de forma plena;
- c) Manutenção planejada é responsável pelo planejamento da manutenção em nível macro objetivando aumentar a Eficiência Global dos Equipamentos (OEE) através de rotinas de manutenção preventiva baseada no tempo e na condição dos equipamentos e sistemas;

- d) Educação e treinamento são a aplicação e ampliação da capacitação técnica, gerencial e comportamental para a liderança e para a flexibilidade e autonomia das equipes. É necessário um plano de gestão de treinamento inicial e possui objetivo de reduzir perdas por falha humana;
- e) Controle inicial é o estabelecimento de um sistema de gestão para fase inicial do projeto objetivando eliminar falhas e implantando sistemas para monitoração das fases. Índices mais adequados de confiabilidade e manutenibilidade são adquiridos por causa dos conceitos de rastreabilidade e histórico dos equipamentos durante todo ciclo;
- f) Manutenção da qualidade tem a função de estabelecer um programa de zero defeito através da eficiente gestão da manutenção que deve atuar em conjunto com o sistema de gestão de qualidade;
- g) TPM Administrativo deve estabelecer o TPM nas áreas administrativas da organização para redução das perdas que interferem na eficiência dos equipamentos produtivos e processos;
- h) Segurança, saúde e meio ambiente estabelecem um sistema de saúde, segurança e meio ambiente cuja meta é o nível de “zero acidente” ambiental e do trabalho. Manter o ambiente de trabalho em boas condições, limpo e seguro é o pressuposto para uma boa gestão, tornando obrigatória a prevenção.

2.5.5.4 Manutenção Autônoma e 5S

Para atingir a eficácia da organização por meio da melhoria da qualificação das pessoas, das máquinas e processos o perfil dos colaboradores deve ser adequado ao treinamento e a qualificação, obtendo assim um avanço no resultado global da organização (KARDEC e NASCIF, 2001).

Em meio a esse contexto, os operadores passam a executar tarefas simples de manutenção e as equipes de manutenção realizam as tarefas mais complexas e muitas vezes já diagnosticadas pela operação. Este conceito, originado das atividades de pequenos grupos é chamado de Manutenção Autônoma.

Yamagushi (2005) afirma que manutenção autônoma traduz-se como um processo de capacitação dos operadores que os torna aptos a desenvolver o próprio ambiente de trabalho em busca de níveis altos de produtividade, ou seja, mudar o conceito “eu opero e você concerta” para o conceito “do meu equipamento cuido eu”.

Nakajima (1989) apresenta as sete etapas de implementação da manutenção autônoma representadas pelo Quadro 2.3, sendo as três primeiras mais críticas devido à influência significativa no nível de deterioração dos equipamentos.

Etapa	Atividade	Descrição da atividade
1	Limpeza inicial	Limpeza, inspeção, lubrificação e aperto das partes dos equipamentos identificando e corrigindo as anomalias.
2	Eliminação das fontes de inconveniências e locais de difícil acesso	Eliminação das fontes de sujeiras, melhoria no layout dos elementos dos equipamentos e modificações de altura e fixação de proteções.
3	Elaboração de padrões de lubrificação e inspeção	Ações e procedimentos que permitam a inspeção, lubrificação e aperto rápidos e eficazes e nas frequências estabelecidas.
4	Inspeção Geral	Elaboração de manuais simples e eficazes para inspeção e reparos, além da identificação e eliminação das causas de inconveniências.
5	Inspeção Voluntária	Elaboração de listas de verificação dos equipamentos para realização do autocontrole.
6	Organização e Ordem	Padronização de atividades de inspeção, lubrificação, manutenção de ferramentas e moldes, além da padronização dos registros de dados.
7	Consolidação da Manutenção Autônoma	Melhoria contínua do nível de excelência do autocontrole dos equipamentos, ligados ao gerenciamento dos objetivos e metas organizacionais.

Quadro 2.3 - Etapas de implementação da Manutenção Autônoma

Fonte: adaptado de Nakajima (1989).

Takahashi & Osada (2000) afirmam que o envolvimento da equipe com a implantação do TPM e o comprometimento com a manutenção no nível de

excelência podem ser observados através da gestão dos 5S's (termo derivado das palavras japonesas *seiri*, *seiton*, *seisou*, *seiketsu* e *shitsuke*) na organização, cujo significado, respectivamente, é: organização, ordem, limpeza, asseio e disciplina.

De acordo com Xenos (2004) a ferramenta 5S visa melhorar as condições de trabalho e criar um ambiente propício a uma gestão mais eficiente das ações no posto de trabalho, sendo fundamental para o sucesso da manutenção autônoma e definição dos padrões de limpeza, organização e medida de prevenção de falhas nos ativos físicos, contribuindo de forma eficaz ao longo das fases.

2.5.5.5 Eficiência Global do Equipamento (OEE)

O processo de implantação da estrutura do TPM é uma metodologia consistente e focada na melhoria contínua. Segundo Elliot (2001) para competidores de classe mundial os requisitos de desempenho mínimos são repetitivos e previsíveis tais como redução de custo por unidade produtiva, melhoria da qualidade do produto e alto desempenho no atendimento de serviço ao cliente.

TPM ataca os desperdícios ou perdas nas operações inclusive para restauração e manutenção das condições de operação padrão. *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) ou Eficiência Global do Equipamento é um indicador utilizado para medição das melhorias implementadas pela metodologia TPM, permitindo que as organizações analisem suas condições reais.

O cálculo de Eficiência Global do Equipamento busca desvendar os custos não visíveis nas empresas, sendo mensurado a partir da estratificação de seis grandes perdas e calculado pelo produto de três índices na forma percentual ilustrados na Figura 2.6: Disponibilidade, Desempenho Operacional e Qualidade. As seis fontes principais causadoras de perdas distribuídas nos índices do cálculo OEE são apresentadas a seguir (NAKAJIMA, 1989):

1. Perdas por falhas em equipamentos;
2. Perdas por ajustes na preparação;
3. Perdas por paradas curtas de produção;
4. Perdas por velocidades abaixo da nominal;

5. Perdas por retrabalhos e sobressalentes com defeito;
6. Perdas ocasionadas por regimes de partida de máquinas (*start-up*).

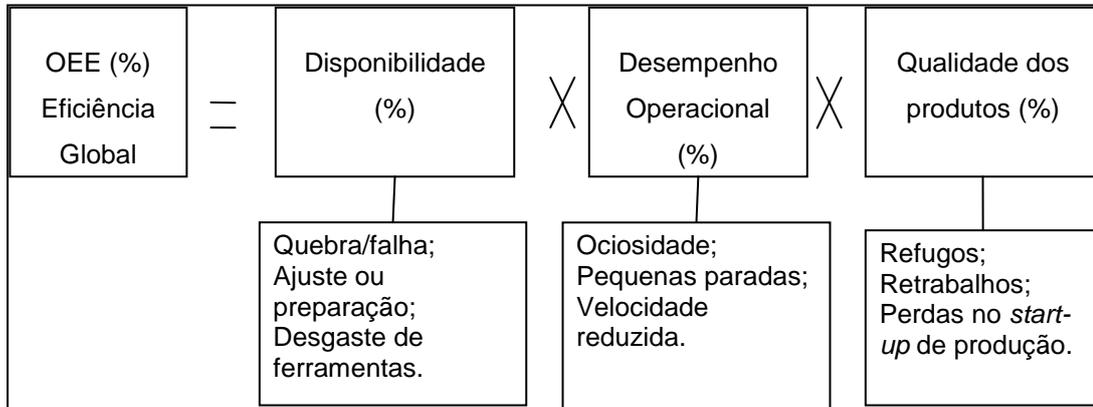


Figura 2.6 - Índices e fontes de perdas para determinação do OEE

Fonte: adaptado de Nakajima (1989).

Ainda segundo Nakajima (1989), um OEE de 85% pode ser considerado um ótimo resultado para as organizações, desde que os dados para o cálculo sejam confiáveis. É fundamental a identificação correta das perdas nas operações produtivas para o alcance da eficácia global dos equipamentos ou sistemas.

O objetivo a ser alcançado é a quebra zero e o aumento da produtividade como meta global, desde que ocorra da concepção do ativo físico até o fim de sua vida útil. Nos dias de hoje as paradas de máquinas durante a produção não são consideradas somente perdas e gastos, mas principalmente perda de competitividade no mercado globalizado (ROSA e MORALES, 2006).

2.5.5.6 Benefícios da implantação do TPM

Muitas empresas obtiveram sucesso após a implantação da metodologia TPM através de resultados tangíveis e mensuráveis. A prática TPM nas organizações gera resultados surpreendentes tais como: redução de quebras em equipamentos; redução de reclamações de clientes; redução de estoques; queda nos acidentes; e elevação do envolvimento da equipe. Existem seis exemplos gerais de benefícios da implantação do TPM mostrados no Quadro 2.4 e conhecidos pela sigla PQCDMSM

que representa, respectivamente: Produtividade, Qualidade, Custo, Entrega, Segurança e Motivação. (SUZUKI, 1994).

P (Productivity)	Produtividade (aumento em 1,5 a 2,0 vezes)	Redução de Paradas não planejadas; Aumento da OEE em 1,5 a 2,0 vezes.
Q (Quality)	Qualidade (redução de defeitos em 90%)	Melhoria da Capabilidade de Processo; Redução de refugos e reclamações dos clientes em 75%.
C (Cost)	Custos (redução dos custos de produção em 30%)	Redução de consumo de peças de reposição e redução de retrabalhos.
D (Delivery)	Entrega (trabalho em processo reduzido em 50%)	Redução de estoques e aumento de confiabilidade nos prazos de entrega.
S (Safety)	Segurança (eliminação de acidentes de trabalho e de incidentes ambientais)	Redução de acidentes, de poluição ambiental e maior economia de energia.
M (Morale)	Motivação	Moral elevado da equipe; Aumento de sugestões de melhoria; Elevação da mentalidade para melhoria contínua.

Quadro 2.4 - Benefícios gerais da filosofia TPM

Fonte: Adaptado de Nakajima (1989).

O apoio da alta administração é fundamental para que a TPM seja implantada e para que o sucesso do programa seja constante ao longo da vida da organização. O programa promove uma mudança de cultura na empresa e vários paradigmas são derrubados, sendo fundamental o comprometimento de todos os envolvidos para transpor as barreiras que irão surgir ao longo da utilização dos pilares (PINTO e LIMA, 2007).

Há uma falta de constância na prática do programa TPM na indústria nacional. Seguir o processo e completar totalmente os requisitos de uma etapa antes

de passar para a próxima é a chave do sucesso. Robinson & Ginder (1995) afirmam que a duração para a implantação bem sucedida do TPM é de três a cinco anos.

Wireman (2004) afirma que não há um método único e certo para implantação de um programa TPM e têm ocorrido programas divergentes e complexos de TPM em muitas empresas. Obviamente um processo estruturado é um fator de sucesso e o elemento chave para avançar no programa TPM.

2.6 COMENTÁRIO SOBRE O CAPÍTULO

A abordagem sobre a função manutenção descrita no presente capítulo buscou apresentar os fundamentos e as metodologias aplicadas na gestão da manutenção. Dentro desse contexto, surge a seguinte pergunta: Porque não buscar as causas raiz dos problemas de gestão da manutenção por intermédio dos métodos de manutenção MPT, MCC, MBR, dentre outros?

Os problemas de natureza física, visíveis, podem ser tratados e explorados pelas metodologias e ferramentas de manutenção apresentadas, visando atingir suas causas raiz. Entretanto, nos casos dos problemas de natureza política, isto é, de difícil identificação e visualização, dos quais recai a grande maioria dos problemas físicos de gestão, há dificuldade para aplicação destes métodos.

O capítulo seguinte aborda a Teoria das Restrições (TOC) e suas ferramentas do Processo de Raciocínio como uma filosofia de gestão que busca encontrar as causas fundamentais dos problemas de natureza política. Muito provavelmente, os métodos, ferramentas e políticas de gestão da manutenção podem ser aplicáveis em conjunto com a TOC na busca pela solução dos problemas.

CAPÍTULO 3

TEORIA DAS RESTRIÇÕES

Este capítulo aborda a revisão bibliográfica da Teoria das Restrições apresentando a definição, conceitos, particularidades e funcionalidades com o objetivo de balizar o estudo de caso.

3.1 INTRODUÇÃO

Csillag (2001) afirma que a Teoria das restrições iniciou-se na década de 70 quando o físico israelense Eliyahu M. Goldratt passou a se interessar pela pesquisa da área de produção industrial, sendo chamado por um amigo para ajudá-lo a resolver um problema de logística de uma fábrica de gaiolas para aves. De acordo com Guerreiro (1996a), Goldratt desenvolveu uma formulação matemática para o planejamento desta fábrica voltado para a programação da produção. No final da década de 70, com o objetivo de comercializar o *software*, fundou a empresa *Creative Output Inc.* e diversas filiais em outros países, aperfeiçoando o *software* e paralelamente, desenvolvendo uma série de princípios, resultando no OPT - *Optimized Production Technology* ou Tecnologia de Produção Otimizada.

De acordo com Martins (2002) na metade da década de 80, Goldratt lançou um livro sobre sua teoria em parceria com Jeff Cox chamado *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*, escrito sobre a forma de um romance e traduzido para o português com o título *A Meta*. O livro descreve a experiência própria de Goldratt na pessoa de um consultor israelense que auxilia um gerente de produção a recuperar a competitividade de uma empresa através da TOC.

Gusmão (2004) afirma que Goldratt produziu outras obras complementares tais como *A Corrida* (1989), *Essays on The Theory of Constraints* (1990), *Late Night Discussions on The Theory of Constraints* (1992), *Mais que Sorte, Um Processo de Raciocínio* (1994) e *Corrente Crítica* (1998). Para Goldratt a meta principal da empresa é fazer dinheiro e os propósitos da organização, que não garantem a sobrevivência em longo prazo, são os meios para alcançar o objetivo e não o objetivo em si.

Csillag (2001) comenta que Goldratt ficou perplexo com os métodos tradicionais de administração de produção e as medições de desempenho utilizadas e observou que as áreas da empresa trabalhavam de maneira contrária a meta estabelecida pela empresa, a obtenção do lucro máximo. Logo Goldratt valeu-se de seus conhecimentos de física e aplicou uma metodologia de logística de produção conhecida como tambor-pulmão-corda, alcançando resultados extraordinários. A partir de então fundou uma empresa de consultoria – *Avrahan Goldratt Institute* nos Estados Unidos, para aplicação de sua teoria em empresas e escreveu diversas obras para disseminar a nova concepção em administração das organizações, denominada de *Theory of Constraints* (TOC).

O nome teoria das restrições foi escolhido por Goldratt para reforçar dois conceitos básicos: o primeiro trata de uma teoria, significando algo provado, com resultados comprovados; o segundo é o conceito de restrição, ou seja, qualquer coisa que impeça a organização de atingir um desempenho maior em relação a sua meta, sendo o elo fraco do sistema que sempre vai existir e necessita de tratamento para alavancar o processo de melhoria do sistema. Para Guerreiro (1996a), a TOC pode ser entendida como uma ampliação do pensamento da Tecnologia de Produção Otimizada, pois se utiliza, em grande parte, desta teoria.

Conforme Csillag (2001) a Teoria das restrições questiona muitos conceitos tradicionais tais como a contabilidade de custos, o planejamento estratégico, o gerenciamento de projetos, a logística de produção e outros conceitos consagrados, sendo de difícil implantação. Para Goldratt essas dificuldades da implantação são guiadas pelas barreiras culturais, que sempre direcionaram as pessoas a viverem no mundo do custo. Situações do dia-a-dia do mundo empresarial ratificam o seu pensamento e são apresentadas a seguir:

- Poucos empresários entendem que transformando a melhoria em demissões, podem colapsar todo o trabalho, pois, muitos gerentes demitem funcionários de uma seção que ficou com sobras de pessoal, porque obteve ganhos de produtividade.

- Muitas organizações realizam aproximadamente 70% do faturamento nos últimos dias do mês, apesar de possuírem estoques suficientes para atenderem a demanda a qualquer tempo.

Csillag (2001) afirma que a Teoria das restrições identifica as falhas na corrente, enquanto a GQT e o JIT possuem métodos excelentes para os elos específicos da corrente, e não para toda a corrente. A partir daí as ferramentas oferecidas pela GQT e o JIT podem ser aplicadas para aumentar o desempenho que a restrição oferece ao sistema. O mesmo autor afirma que Goldratt passou a ensinar as empresas a resolver seus próprios problemas para que garantissem o futuro e melhorassem continuamente, através de ferramentas de raciocínio lógico que ele próprio usava intuitivamente para resolução de problemas. Atualmente a TOC é composta de dois campos: o processo de raciocínio, de um lado, e os aplicativos específicos, como o gerenciamento de projetos, de outro.

3.2 CONCEITOS DA TOC

Conforme Steenkamp (1995), a Teoria das restrições é uma abordagem de gestão para as organizações de forma global que enfoca a identificação e a eliminação das restrições e ou gargalos, além da implementação de um processo de melhoria contínua para que possam alcançar o objetivo: ganhar dinheiro. Frequentemente as empresas confundem a meta real com alguns fatores, tais como: garantia de entregas rápidas, obtenção de uma fatia importante de mercado, metas para alcance de zero defeito, liderança no mercado e outros. Na TOC estes fatores são necessidades básicas, a fim de alcançar o verdadeiro objetivo já exposto anteriormente.

A Teoria das restrições enfatiza o gerenciamento nos estrangulamentos, como a chave para o aumento do desempenho do sistema como um todo. Davis et al. (2001) afirmam que as restrições determinam o desempenho global do sistema, influenciando diretamente a lucratividade e a rentabilidade das organizações.

De acordo com Cox e Spencer (2002) a Teoria das Restrições consiste num sistema de programação de produção criado a partir da análise e reestruturação dos gargalos encontrados na linha. É alicerçada por uma sequência de etapas para

implantação na empresa, onde o planejamento, a execução e o controle são executados através do gerenciamento das restrições.

Cox e Spencer (2002) definem gargalo como a operação que é executada em uma máquina ou equipamento com menor capacidade produtiva, restringindo desta forma a produção total de toda a linha. O foco principal da Teoria das Restrições é o ataque aos gargalos da linha, com ações para aliviar a carga de trabalho na máquina gargalo, aumentando a sua capacidade produtiva. Ao realizar isto, provavelmente outro gargalo surgirá, e o ciclo se repetirá, dependendo de novas ações para desafogar o novo gargalo.

Para Souza et al. (2006) a TOC é uma das filosofias gerenciais que mais focam as questões relacionadas aos desafios que as atividades gerenciais exigem, quando desejam simultaneamente, o ótimo desempenho operacional local e o objetivo do sistema organizacional como um todo, em termos de tomada de decisões operacionais para resolução desses conflitos que surgem.

Os autores citados anteriormente convergem para a mesma direção, considerando a TOC como um gerenciamento das restrições (ou gargalos) dos sistemas para que as organizações alcancem a maximização do ganho.

Corbett Neto (2005) enfatiza que na abordagem da TOC toda organização deve ser vista como um sistema, ou seja, um conjunto de elementos nos quais há alguma relação de interdependência. O mesmo autor ainda afirma que todo sistema deve possuir ao menos uma restrição, porque se não tivesse, o desempenho do sistema seria infinito. Sempre haverá poucas restrições, assim como há na maioria das vezes um único elo mais fraco na corrente.

De acordo com Dalcon e Oliveira (2005), este conceito da TOC pode ser facilmente entendido através de um exemplo simples de um processo produtivo concebido por Cox e Spencer (2002), e representado na Figura 3.1, onde o produto C é produzido através da montagem de dois componentes, A e B. Os componentes iniciam como matéria prima A e B, respectivamente, e cada um passa por três diferentes centros de trabalho, sendo que a A passa pelas operações 10, 20 e 30, enquanto a B passa pelas operações 15, 25 e 35. Os componentes necessariamente precisam seguir a sequência de operação informada e não podem pular ou serem

produzidas em outro centro de trabalho. Cada operação demanda um tempo para ser finalizada em diferentes centros de trabalho e, dado que as diferentes operações são realizadas em diferentes centros, os tempos e médias variam de uma operação para outra. Nesse exemplo, a máxima produção é de duas unidades por hora, mesmo que os outros centros produzam na sua capacidade máxima. O gargalo da operação 20 limita ou restringe a capacidade de produção do sistema. Desta forma, segundo Goldratt e Cox, a elevação da produção nos outros centros é ilusória e gasto desnecessário, com a elevação dos custos de produção e estoque.

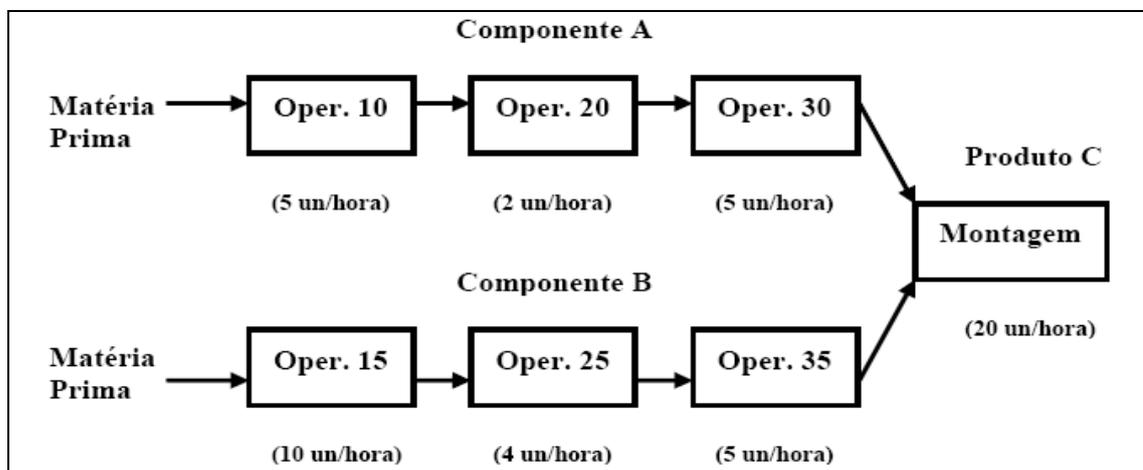


Figura 3.1: Exemplo de Sistema produtivo com restrição de capacidade.
Fonte: Dalcon e Oliveira (2005).

3.3 PROCESSOS DE RACIOCÍNIO DA TOC

Rahman (2002) afirma que a Teoria das restrições tem dois componentes principais. Em primeiro lugar uma filosofia que sustenta seus princípios de funcionamento: as soluções logísticas da TOC, que são os cinco passos para a melhoria contínua, a Metodologia TPC (Tambor, Pulmão e Corda) ou *DBR (Drum-Buffer-Rope)* e o Sistema de Gerenciamento do Pulmão. Esta filosofia sugere que as principais restrições podem não ser físicas, mas relacionadas a políticas de gerenciamento. Para dar direção às restrições políticas e implantar efetivamente o processo de melhoria contínua, Goldratt (1994) desenvolveu uma abordagem geral denominada Processo de Raciocínio (PR) ou *Thinking Process (TP)*, que é o segundo componente da TOC.

Para Oenning et. al (2004), o objetivo principal da TOC é o foco nos recursos onde eles serão mais úteis, isto é, a concentração das energias nos pontos do sistema industrial ou organizacional onde produzirão, ou terão maior probabilidade de produzirem maiores efeitos para o alcance da meta. Essa afirmação é destacada por Corbett Neto (1997) que fala da necessidade da administração da capacidade do sistema, considerando os limites desta capacidade, além de enfatizar que é imprescindível a identificação e controle das restrições, que limitam a capacidade do sistema, para que essa capacidade possa ser administrada eficazmente.

Ainda, segundo Oenning et al. (2004), o gerenciamento das restrições baseia-se na certeza de que todos os demais recursos da empresa possuem uma capacidade mínima de produção superior ao recurso limitador do processo produtivo. Para que o recurso restritivo seja protegido de possíveis paradas, uma diferença entre o recurso limitador da capacidade e os demais recursos faz-se necessário, no entanto, geraria perdas para a empresa.

De acordo com Rocha Neto e Bornia (2001), quando a restrição é não física, podendo ser uma demanda de mercado ou uma política inquestionável utilizada pela organização, torna-se muito mais difícil à identificação das restrições para essas restrições não físicas do que as restrições físicas, isto porque as não físicas não são muito visíveis, e muitas vezes invisíveis. Para estes tipos de restrições utiliza-se o processo de raciocínio, definido como um processo de otimização contínua para as restrições não físicas.

Rocha Neto e Bornia (2001) ainda comentam sobre o Processo de raciocínio (PR) que tem como base as ferramentas de análise lógica, que buscam o diagnóstico dos problemas, a formulação de soluções e a preparação de planos de ação. O Processo de raciocínio busca a resposta a três questões básicas inerentes a qualquer organização, que são as seguintes:

- O que mudar?
- Para o que mudar?
- Como causar a mudança?

E para responder a essas três perguntas, Goldratt (1995) desenvolveu cinco ferramentas baseadas no raciocínio lógico, que são:

- Árvore da realidade atual (ARA);
- Diagrama de dispersão de nuvem (DDN);
- Árvore de realidade futura (ARF);
- Árvore de pré-requisitos (APR);
- Árvore de transição (AT).

Noreen et al. (1996) representa através do Quadro 3.1 as cinco ferramentas do processo de raciocínio utilizadas para responder as três perguntas a seguir:

O que mudar?	Para o que mudar?	Como mudar?
Árvore de Realidade Atual	Diagrama de Dispersão de Nuvem Árvore da Realidade Futura	Árvore de Pré-requisitos Árvore de Transição

Quadro 3.1: Conjunto de ferramentas do processo de raciocínio da TOC

Fonte: Adaptado de Noreen et al. (1996).

3.3.1 Árvore da Realidade Atual

De acordo com Noreen et al. (1996) a abordagem genérica do Processo de Raciocínio envolve a construção de árvores lógicas, que são diagramas de causa e efeito. Partindo dos sintomas dos problemas visualizados, utiliza-se um raciocínio causa e efeito para deduzir as causas subjacentes, ou problema cerne.

Goldratt (1992a) afirma que a ferramenta Árvore da Realidade Atual é um método analítico para tratamento dos efeitos indesejáveis, que são sintomas de causas mais profundas nos sistemas, usado no esforço de revelar o ponto de Arquimedes “Dê-me uma alavanca e um ponto de apoio e eu moverei o mundo”, a identificação da causa raiz. Para Goldratt a identificação da causa-raiz é apenas o

início de um processo onde ele apenas intensifica a necessidade da construção de uma boa solução. Goldratt comenta que uma boa solução, uma vez implantada, deve eliminar os efeitos indesejáveis atuais, sem criar novos efeitos devastadores, porém, acima de qualquer coisa, a solução deve estar alinhada com a meta da empresa. Goldratt (1992a) conclui que este método analítico é utilizado para construir e escrutinar tal solução.

Para Rocha Neto e Bornia (2001) a restrição do sistema que impede a organização de atingir a meta, é a causa dos efeitos indesejáveis. A utilização da ferramenta ARA é muito eficaz quando a causa raiz são restrições não físicas ou de políticas de gestão, proporcionando à organização identificá-las e combatê-las para sua eliminação.

De acordo com Souza et al. (1997) a proposta da ARA é o diagnóstico de uma organização, extraído desta análise as verdadeiras causas-raízes, responsáveis pelos efeitos indesejáveis ou EI's. Os problemas raízes estão normalmente ligados a procedimentos administrativos errôneos das empresas, mas que são permanentes nas organizações por motivos tais como inércia, ausência de questionamentos e conflitos ocasionados por políticas internas contraditórias. Estes motivos são os que impedem a eliminação dos problemas raízes reais, que são na verdade as restrições do sistema.

Ainda, segundo Souza et al. (1997), a ARA pode ter sua aplicabilidade comprometida em certas situações, tais como em ambientes de alta complexidade, onde as decisões gerenciais são tomadas de forma descentralizada. Neste caso, a utilização da ARA nos seus moldes tradicionais seria dificultada, porque a discrepância de escopo e enfoque entre a quantidade de disfunções levantadas seria demasiadamente grande.

A ARA baseia-se na relação chave: “Se... Então”, ou seja, “Se” a hipótese for verdadeira, “Então” logicamente deve existir outro fato (GOLDRATT, 1995). A Figura 3.2 mostra como é realizada a leitura de uma ARA, da base da flecha (Se), para a ponta da flecha (Então), expressando uma relação de causa-efeito entre as alegações.

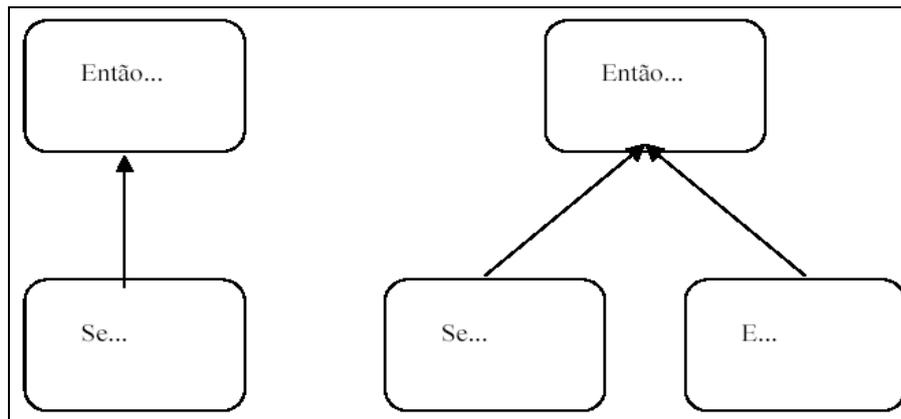


Figura 3.2: Como ler uma Árvore de Realidade Atual
 Fonte: Rodrigues (1990 apud Rocha Neto & Bornia, 2001).

Conforme Souza et al. (1997) toda organização é um sistema, e deve ser vista como um ambiente onde tudo é relacionável e, deste modo, sempre deve haver correlações lógicas de causa-efeito entre os diversos problemas enfrentados, de forma que a maioria deles sejam consequências de outros. Essas correlações devem ser entendidas e elaboradas através de afirmações, como exemplificado na relação de causalidade descrita: Se o mercado está cada vez mais competitivo, Então a organização necessita do processo de melhoria contínua.

Para Noreen et al. (1996) um único sintoma pode ter várias causas, mas um padrão de diferentes sintomas somente pode ter uma única causa verdadeira. Em vez de apoiar-se em um método intuitivo para descobrir a causa, uma árvore de causa e efeito, a ARA, é construída para a identificação de problemas-cheres, que podem explicar todos os EI's visualizados. A Figura 3.3 representa o esquema de uma Árvore de Realidade Atual.

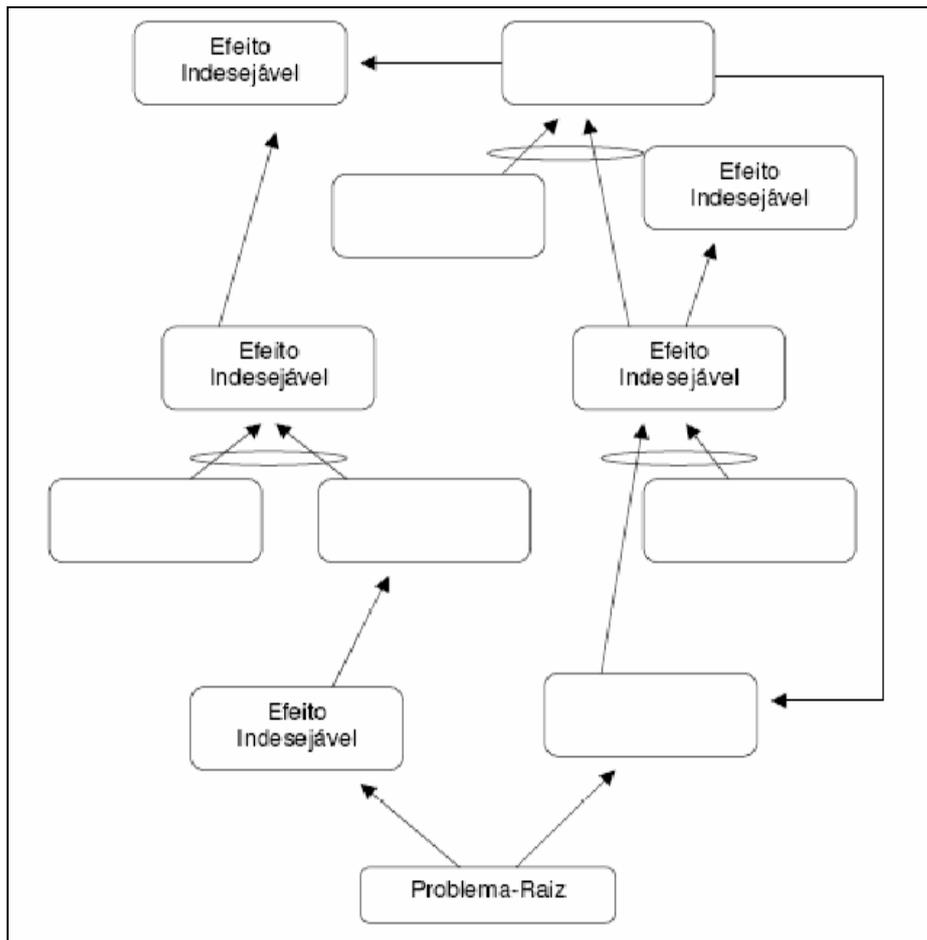


Figura 3.3: Representação Esquemática da ARA
 Fonte: Adaptado de Goldratt & Cox (1992).

Segundo Goldratt e Cox (1992) para construir uma ARA, os seguintes passos devem ser realizados:

1. Listar de 5 a 10 efeitos indesejáveis que descrevam a área a ser analisada.
2. Tentar ligar os efeitos, respeitando a relação de efeito-causa-efeito.
3. Ligar todos os efeitos desenvolvendo um processo de escrutinação.
4. Ler a ARA de baixo para cima, escrutinando quando for necessário.
5. Questionar se a árvore é representativa.
6. Em caso de necessidade, expandir a árvore.
7. Revisar a ARA, buscando os efeitos que não tenham causas visíveis.
8. Excluir as entidades que não são necessárias.

9. Apresentar a ARA para pessoas envolvidas no processo.
10. Estudar os pontos de entrada da árvore e decidir qual o problema a atacar, escolhendo aquele que contribui para um maior número de efeitos indesejáveis, ou seja, o problema-raiz.

Rocha Neto e Bornia (2001) explicam os passos para construção da ARA. Para eles, o passo 1 é um *Brainstorming* estruturado para a identificação dos sintomas ou EI's do sistema, mas, se o problema-raiz não for identificado e solucionado os EI's voltarão a ocorrer. O desenvolvimento deste passo é facilitado com a experiência e o conhecimento do objeto em análise.

O passo 2 determina a ligação através de flechas, quando um EI for à causa de outro, e a tentativa para descobrir se há uma relação direta de causa-efeito entre pelo menos dois EI's. De acordo com Goldratt & Cox (1992), neste passo, se perceber uma ligação visível entre dois ou mais EI's, uma este grupo, enquanto faz o escrutínio de cada entidade e flecha existente no mesmo. Caso contrário escolha um EI ao acaso e vá para o passo 3.

O passo 3 é a utilização do método dos porquês para realizar a conexão dos EI's do passo anterior, e quando todos os EI's estiverem ligados deve-se passar para o próximo passo. Entretanto é importante salientar que em alguns casos pode haver mais razões para que um EI ocorra, e nesta situação considera-se que uma entidade sozinha é uma causa relevante deste fenômeno. Goldratt & Cox (1992) aconselha realizar esta etapa passo a passo, em pequenos incrementos, de forma que as relações de causalidade sejam intuitivas.

No passo 4 realiza-se uma leitura da árvore, de baixo para cima, revisando cada ponto e segundo Goldratt, fazendo as correções que venham a ser necessárias. Neste passo, Goldratt (1992a, p.5) afirma: "As árvores são lidas, usando-se as palavras "Se" e "Então", de baixo para cima, seguindo-se as flechas, e para ler-se através da representação do oval na ARA, são necessárias ambas as alegações".

De acordo com Noreen et al. (1996) a ARA deve ser lida realizando um escrutínio em cada flecha e entidade durante o percurso, utilizando a categorias de ressalvas legítimas. Estas categorias são usadas quando a lógica apresentada

durante a construção da ARA não tiver sentido, dando assim, suporte para que as ligações realizadas façam sentido.

O escrutínio deve ser realizado de acordo com as categorias de ressalvas legítimas, categorias que Noreen et al. (1996) apresentam a seguir:

1. Existência da entidade: Questionar a existência da entidade (causa ou efeito), explicando que a entidade realmente não existe.
2. Existência da causalidade: Questionar a existência da união causal entre causa e efeito utilizando a declaração “Se... Então”, e explicando que não existe uma conexão direta entre a causa declarada e o efeito observado.
3. Tautologia: Ser redundante ao afirmar a relação causa-efeito, porque a causa é uma repetição fiel do efeito, provocando a redundância. Na ocorrência de tautologia, a flecha pode apontar para qualquer das direções, ou seja, é possível constituir a causa como sendo efeito ou vice-versa, então a causa não produz o efeito.
4. Existência do efeito (entidade) predito: Utilizando outro efeito para mostrar que a causa hipotética não produz o efeito inicialmente observado. De outro modo, se a causa original resultar também no efeito adicional, isto apóia então a relação original causa-efeito.
5. Suficiência de causa: Mostrar que uma causa adicional não trivial deve existir para explicar a existência do efeito observado. Se as causas sugeridas não existirem, então o efeito observado também não irá existir.
6. Causa adicional: Explicar que uma causa adicional que aumenta o efeito do tamanho observado deve existir. As causas aumentam o tamanho do efeito observado, e nenhuma delas, por si mesmas, podem explicar o tamanho ou a extensão do efeito.
7. Esclarecimento: Não ficar claro a relação causa-efeito ou a entidade. Solicitar uma explicação adicional da relação causa-efeito da relação ou entidade.

Os passos 5, 6, 7 e 8 são ajustes finos da ARA, revisando toda a árvore para retirar ou incluir alguma entidade que esteja ou não coerente com a situação. Goldratt & Cox (1992) tecem alguns comentários sobre as etapas 5, 6, 7 e 8, a seguir:

No passo 5 deve ser realizada a seguinte pergunta “A árvore como um todo reflete sua intuição sobre a área?” Se não, verifique cada flecha quanto a Ressalva de Falta de Causa Adicional.

No passo 6 deve ser expandida a ARA para unir outros EI’s que existam, porém não foram incluídos na lista original. Este passo não deve ser dado antes de todos os EI’s originais estarem conectados.

OS EI’s devem ser revistos no passo 7, e as entidades que são intrinsecamente negativas identificadas, mesmo que não estejam na lista original de EI’s, ou que requeira a expansão da ARA, para cima uma ou duas entidades.

O passo 8 é a eliminação de entidades que não sejam necessárias, para junção de todos os EI’s.

No passo 9 o preparador deve apresentar a ARA para outra pessoa, garantindo assim que não haja erros de lógica na construção da árvore.

O passo 10 consiste em encontrar o problema-raiz, responsável pela maioria dos EI’s. Se as etapas da construção da ARA forem seguidas, a tarefa de encontrar o problema-raiz será facilitada. Segundo Goldratt & Cox (1992), deve-se examinar nesta etapa todos os pontos de entrada (causas-raiz) da árvore (entidades que somente possuem flechas saindo) e decidir quais há disposição para atacar é fundamental. Se nenhuma delas impactar pelo menos 70% dos EI’s revisados, então se deve aprofundar a análise, incrementando novas conexões do tipo V.

3.3.2 Diagrama de Dispersão de Nuvem

Rentes e Souza (1997) afirmam que elevar uma restrição não física tem um diferente significado, não mais implicando num acréscimo de desempenho, mas substituindo uma regra errônea por outra mais adequada. A obtenção desta política substituta é o objetivo dos processos de raciocínio, que através das ferramentas

Diagrama de Dispersão de Nuvem (DDN) e a Árvore da Realidade Futura (ARF), buscam a resposta a questão “Para o que mudar?” Eliminando os efeitos negativos oriundos dos procedimentos errôneos sem a criação de outros EI’s. O DDN seria a ferramenta ideal para eliminar os conflitos internos das organizações que anulam os esforços das empresas e funcionam como um cabo de guerra, provocando a insolubilidade do problema cerne.

Para Sellitto (2005) o DDN é uma ferramenta do PR que expõe os pressupostos de uma situação de conflito, e mostra a causa da não solução do problema foco, permitindo a verificação do pressuposto errôneo, que é o gerador de conflito e canalizador para o surgimento de uma nova idéia transformadora para a situação em análise.

Martins (2002) explica que após a identificação do problema-cerne através da ARA, surge a pergunta: “Para o que mudar?” A resposta inicial da solução é o oposto do problema-cerne. Se o problema for “Não houve vendas suficientes no inverno?” logo, o objetivo torna-se “Temos vendas suficientes no inverno.” A persistência do problema pode significar um conflito que bloqueia a sua solução. A falta de vendas no inverno pode ser algum conflito não resolvido, como a política de altos preços para proteger as margens ou corte de preços para aumentar as vendas. Para identificar os pressupostos subjacentes do conflito e acabar com o impasse, a técnica específica a utilizar é o DDN, cujo objetivo é o resultado desejado.

Conforme Resende Junior (2007) uma forma didática de mostrar a Nuvem é através de um diagrama de relações de necessidades, contendo cinco entidades:

1. A - O objetivo é o oposto da causa-raiz gerada na ARA;
2. B - Uma primeira condição necessária para a execução do objetivo;
3. C - Uma segunda condição necessária para a execução do objetivo;
4. D - Um requisito essencial para se atingir a condição necessária B; e,
5. NÃO D - Um requisito essencial para se atingir a condição necessária C e oposto ao requisito D.

D e NÃO D são entidades mutuamente excludentes, ou seja, não é possível ter as duas ao mesmo tempo, porém, representada na nuvem, há a necessidade de

ambas para que a meta possa ser atingida. O foco na busca de uma solução que elimine o problema como um todo, cujos pressupostos básicos iniciais sobre a realidade da organização são questionados e direcionados para uma nova realidade. Este processo refinador da solução, continua até que ocorra a eliminação, através desta solução, dos conflitos causadores das restrições. Embora a nuvem indique a direção a ser seguida, a solução do sistema ainda não está totalmente montada e, por isso, a ferramenta Árvore de Realidade Futura (ARF) é usada para a elaboração de uma nova realidade.

Goldratt (1992a, p.9) diz “já que não existe o vácuo, eliminar o problema-cerne significa construir uma nova realidade, na qual o oposto do problema-cerne existe”. O mesmo autor afirma que a Nuvem é um sumário conciso do conflito escondido na ARA, conflito este que é direto, e fica no meio de duas das condições necessárias, que impedem uma solução e orientam o sistema para um constante cabo de guerra.

Um exemplo para essa afirmativa de Goldratt é a abordagem do processo produtivo, quando o alcance de *lead times* curtos e o uso efetivo dos recursos são condições primordiais para se atingir um bom gerenciamento da produção que alcance o desempenho global. O primeiro leva o gestor a pretender um bom desempenho fabril, e o segundo o faz visar o bom desempenho departamental, evidenciando o cabo de guerra.

De acordo com Rocha Neto (2001) o DDN tem como objetivo expressar com exatidão um ou mais conflitos que impeçam a resolução do problema-cerne, direcionando-os para análise, com quebra de paradigma, e solução do problema. Os passos para o uso desta ferramenta são os seguintes:

1. Caso não encontre uma forma de encontrar uma solução conciliatória aceitável, a discussão deve ser interrompida.
2. Não há culpados para que não ocorra a conciliação, mas é o conflito que não tem uma conciliação amigável.
3. Escrever precisamente a nuvem, ou seja, verbalizar com clareza e decidir sobre o verdadeiro conflito, não admitindo suposições que o desvirtuem.

Caso os três passos sejam seguidos e aplicados claramente, o objetivo de encontrar uma solução deve ser alcançado e o conflito poderá ser quebrado. A solução exposta é denominada no vocabulário da TOC de “injeção”. A “injeção” é a solução que invalida o falso pressuposto, quebrando o conflito.

Martins (2002) explica como é montado o DDN representado na Figura 3.4. O ponto a ser alcançado está no objetivo A, porém para atingir este objetivo os requisitos B e C são fundamentais. Para atingir o requisito B é necessário o requisito D, assim como para atingir o C é necessário o NÃO D. O conflito acontece neste ponto, onde o pré-requisito NÃO D é o inverso do D. Os pré-requisitos são expostos pelo DDN, onde o analisador deve perceber o pressuposto errôneo em um dos pré-requisitos e descobrir uma “injeção” como solução do problema.

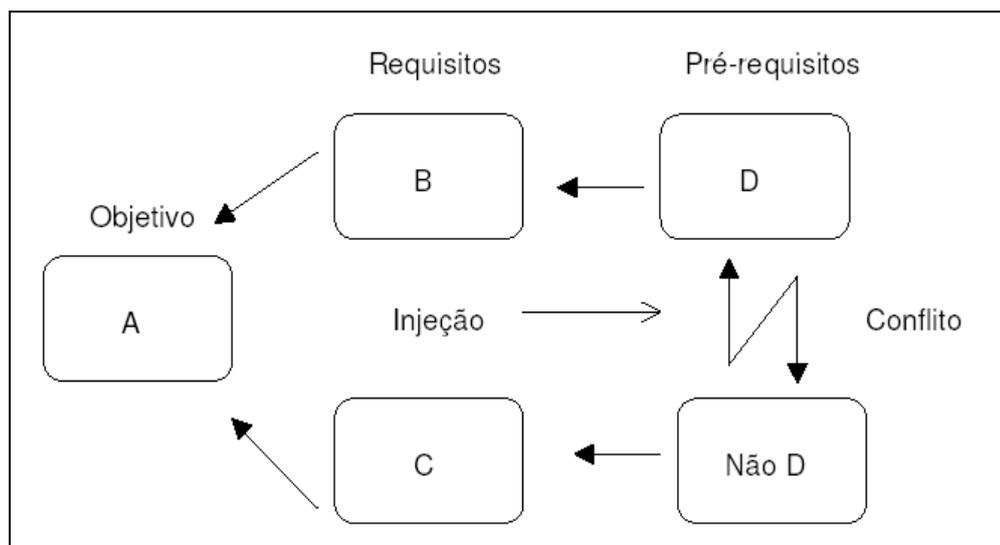


Figura 3.4: Diagrama de Dispersão de Nuvem
Fonte: adaptado de Noreen et al. (1996).

3.3.3 Arvore da Realidade Futura (ARF)

Sellitto (2005) explica o processo construtivo da ARF comentando que após tornar-se conhecido a ARA e as injeções, constrói-se a ARF substituindo a causa-raiz por injeções e projetando as conseqüências na realidade atual. O mesmo autor comenta que a ARF objetiva identificar a transformação necessária, projetar suas decorrências, além de prever e prevenir novos problemas que podem surgir decorrentes da mudança.

Cox e Spencer (2002) afirmam que o DDN indica a direção a seguir, porém é a ARF que enxerga a nova realidade do sistema. Goldratt (1992b) apresenta a Árvore da Realidade Futura como a árvore lógica de causa-efeito: “o porquê” e “o como?” substanciando quais ações devem levar a todos os objetivos desejados.

De acordo com Pi-Fang e Miao-Hsueh (2005) após a identificação da injeção, denominada a base de uma solução, a Árvore de Realidade Futura (ARF) é utilizada para verificar se a aplicação da injeção foi eficaz eliminando os sintomas, e se a injeção é capaz de gerar novas consequências negativas no sistema. Caso a injeção seja ineficaz para eliminação dos sintomas ou geradora de consequências negativas, a solução é modificada usando outro DDN. O processo de refinamento da solução é contínuo até que a implementação da solução obtenha sucesso.

Rocha Neto (2001) afirma que a ARF deve ser utilizada para transformar os efeitos indesejáveis em desejáveis através de injeções, objetivando verificar a situação futura proveniente das soluções encontradas para eliminação da causa-raiz. O mesmo autor comenta que a construção da ARF permite visualizar os ramos negativos que poderão surgir, podendo assim elaborar ações para neutralizá-los.

Goldratt (1995, p.189) afirma “os ramos negativos que levam aos verdadeiros riscos devem ser podados”, significando assim que devemos realizar ações adicionais que não deixem ocorrer os pontos negativos identificados. Rocha Neto (2001) conclui que ao isolar o ramo negativo, pode-se estudar melhor o ramo e promover o aparecimento do pressuposto que quebra o lado não real da injeção.

Segundo Noreen et al. (1996) uma ARF é semelhante a uma ARA, excetuando que as injeções são colocadas em quadros com cantos quadrados. Para alimentar o desenvolvimento da solução e evitar as consequências negativas, injeções adicionais são acrescentadas frequentemente no processo de construção da ARF.

A Figura 3.5 representa um esquema da ARF. Para transformar o efeito indesejável 1 (EI 1) em desejável (ED 1), utiliza-se a injeção A; e para transformar o efeito indesejável 2 (EI 2) em desejável (ED 2), e simultaneamente, o efeito indesejável (EI 3) em desejável (ED 3), utiliza-se a injeção B. Vale ressaltar que em

alguns casos são necessários injeções adicionais para atacar efeitos indesejáveis que não possam ser eliminados pela injeção original do DDN.

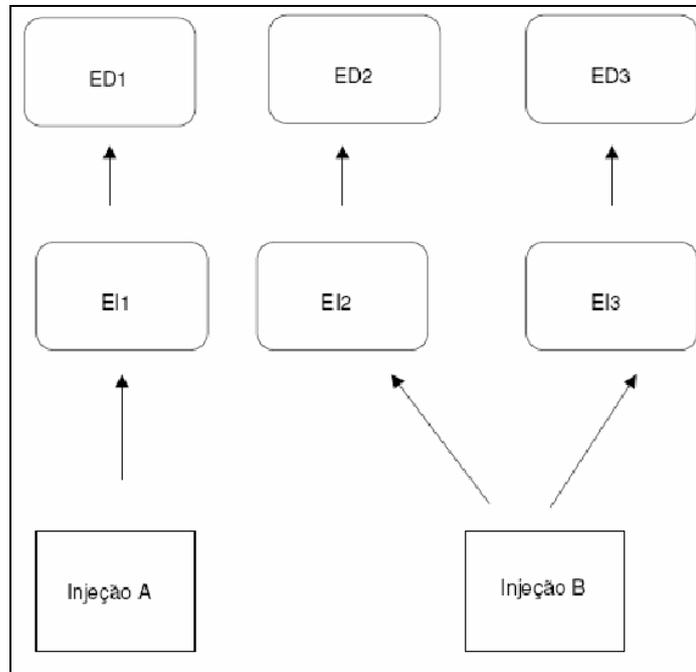


Figura 3.5: Árvore da Realidade Futura
Fonte: Rodrigues (1990 apud Rocha Neto & Bornia, 2001).

3.3.4 Árvore de Pré-Requisitos (APR)

Conforme Cogan (1999) a estratégia já está pronta com a ARF, porém é necessário construir a Árvore de Pré-Requisitos (APR) para dar início à implantação da estratégia anteriormente definida pela ARF. Ao voltar para a questão “Como mudar?” a ênfase é como fazer as coisas mudarem, considerando que as pessoas nesta fase estão menos resistentes as mudanças. A ferramenta utilizada para mostrar o que é preciso para transpor os obstáculos é chamada de APR.

Para Flores (2005) a APR é utilizada como ferramenta para o levantamento de barreiras ou prováveis problemas futuros, provenientes de processos de mudança. É também útil para estimular a visualização da implantação e o planejamento de cada uma das fases subsequentes, focando sempre os prováveis problemas de execução.

De acordo com Rocha Neto (2001) podem existir um ou mais obstáculos para ser implantado, oriundos da injeção definida na fase anterior (ARF) e, ao descrevê-

los é necessário realizar um planejamento dos objetivos intermediários que possam ser atingidos e os obstáculos superados. Na Figura 3.6 é ilustrada uma APR, onde para obter a injeção A identificam-se os obstáculos 1, 2 e 3 que impedem o alcance da solução ou a injeção necessária. O preparador lista e planeja os objetivos intermediários para ultrapassar as barreiras levantadas. Desta maneira, ao executar o objetivo intermediário 1, ultrapassa-se o obstáculo 1 e assim sucessivamente até que a injeção A seja alcançada.

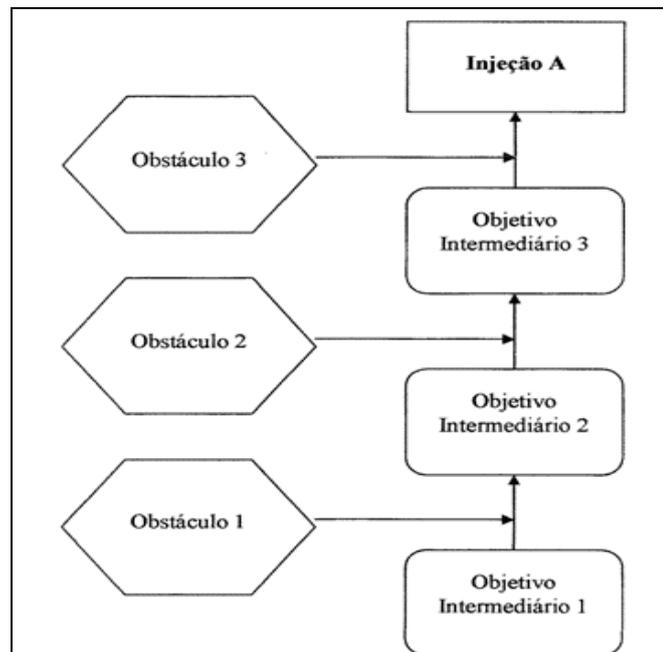


Figura 3.6: Árvore de Pré-Requisitos
Fonte: adaptado de Noreen et al. (1996).

3.3.5 Árvore de Transição (AT)

A Árvore de Transição (AT) é um diagrama lógico no qual são definidos os objetivos intermediários para que a implementação da ARF seja alcançada. As ações para que as mudanças propostas sejam obtidas fazem parte da Árvore de Transição. (COGAN, 1999)

Segundo Noreen et al. (1996) a AT é um plano de ação, onde os objetivos intermediários devem ocorrer como conseqüências das ações da própria Árvore de Transição. O processo de construção da APR e da AT resulta em soluções mais consistentes, com maior probabilidade de atingir o resultado desejado, do que os

planos estabelecidos casualmente. Os mesmos autores comentam que a APR leva o indivíduo a pensar nas barreiras que provavelmente surgirão e a AT leva a tratá-las sistematicamente.

Para Rocha Neto (2001) a AT é uma ferramenta que instrui claramente o que se deve fazer. Como as ações podem ser delegadas se, de maneira geral, não se consegue verbalizar corretamente a intuição? A resposta é que a AT fornece os mecanismos para esta verbalização, além de conter os seguintes elementos: a necessidade da ação; a justificativa do porque a ação atingirá o objetivo; o resultado da ação; e porque a seqüência lógica de cada etapa.

Ainda Rocha Neto (2001) afirma ser evidente o que se pretende executar, quando os objetivos intermediários para o alcance dos obstáculos são levantados pela APR. Com a AT listam-se as ações pertinentes para alcançar os objetivos intermediários encontrados, bem como a seqüência correta na execução das ações. A Figura 3.7 mostra uma AT, onde em primeiro lugar é executada a ação 3, para alcançar o objetivo intermediário 3, o mesmo ocorrendo com as ações e objetivos consecutivos.

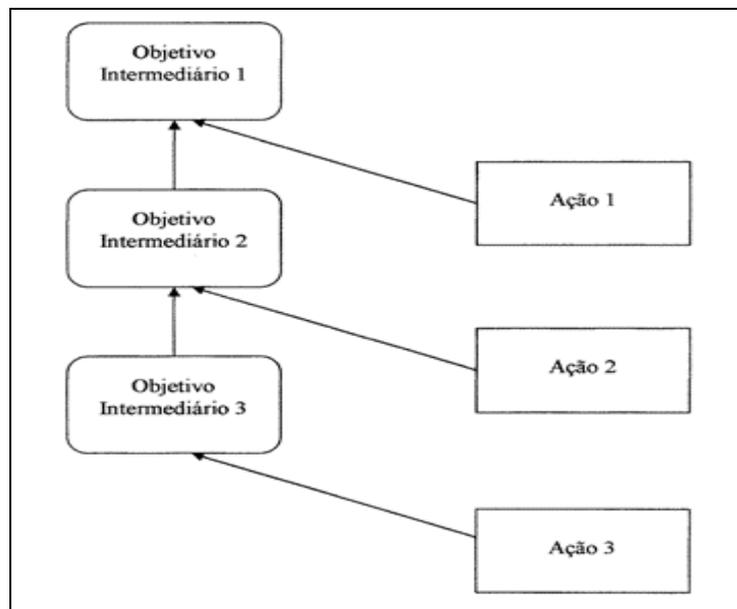


Figura 3.7: Árvore de Transição
Fonte: Rodrigues (1990 apud Rocha Neto & Bornia, 2001).

A fim de ampliar a visão sobre o processo de construção e interconexão das cinco ferramentas do Processo de Raciocínio da TOC para resolução de problemas

3.3.6 Comentários Finais

Para Flores (2005) não é uma condição obrigatória o uso de todas as ferramentas do Processo de Raciocínio (PR) conjuntamente, levando em conta que é estabelecido um campo de aplicação para cada uma das ferramentas, dependendo, entre outros fatores, da particularidade e nível de complexidade do problema, do domínio das pessoas envolvidas e do público alvo.

Ballesterro-Alvarez (2001) também afirma não haver a necessidade da utilização de todas as ferramentas descritas no Processo de Raciocínio. É aconselhável, segundo a *Avraham Goldratt Institute (AGI)*, a utilização isolada dos diversos componentes da TOC ao tratar de problemas particulares da organização.

Rocha Neto (2001) conclui relacionando as cinco ferramentas da seguinte maneira: as ações (AT) atingem os objetivos intermediários e os obstáculos são superados (APR), as injeções são obtidas transformando os efeitos indesejáveis em desejáveis (ARF), a injeção obtida dissipa o conflito (DDN), e o objetivo, oposto do problema-raiz, é alcançado (ARA).

3.4 SISTEMA TBC – TAMBOR, PULMÃO E CORDA

Ao se desenvolver o sistema Tambor-Pulmão-Corda (TPC) ou *Drum-Buffer-Rope (DBR)*, realizou-se uma analogia com uma tropa conforme exposto no livro *A Corrida* (1989) de Goldratt, considerando que a tropa é semelhante a uma linha de produção fabril (COGAN, 1999).

Simplificando como o método foi idealizado, Goldratt imaginou uma tropa andando em linha na qual o primeiro soldado da fila recebe a matéria-prima, sendo o material processado através dos recursos na seqüência, até transformar-se em produto acabado, passando pelo último soldado. Analogamente, o inventário do processo é a distância entre o primeiro e último soldado da fileira.

No momento em que a tropa inicia a marcha os soldados caminham juntos, mas é evidente a dispersão no decorrer do caminho. Essa dispersão é um fenômeno natural observada no mundo empresarial e físico das organizações, causada pela combinação de acontecimentos dependentes (atividades que devem ser realizadas

em sequência) e pelas flutuações estatísticas (variações normais nos tempos de realização das tarefas que não podem ser eliminadas). Para melhorar o problema de dispersão da tropa sem a redução da velocidade do movimento total, o soldado mais lento é colocado na frente da fileira e assim sucessivamente, até que no final da fila fique o soldado mais resistente e veloz.

O primeiro da fila dita o ritmo da tropa e os últimos, sempre que ocorrer a dispersão, semelhantes aos recursos da produção com mais capacidade, utilizarão sua capacidade extra para corrigir as lacunas, fechando-as, isto é, reduzindo o inventário do processo. O Ganho é sempre determinado pelo mais lento na tropa (o gargalo), não importando sua posição, ou seja, a reorganização da tropa na sequência reduzirá a dispersão, sem afetar a velocidade total.

Conforme Cogan (1999) se o exemplo exposto tem analogia com uma empresa, como pode ajudar o gerente? A relação de dependência dos recursos e a análise custo-benefício do investimento a ser realizado, em geral, inviabilizam que o recurso gargalo esteja no início da fila, então o que fazer?

Voltando ao exemplo da tropa, o ritmo pode ser comandado através de um tambor na frente da fileira, para cadenciar sempre que ocorrer a dispersão, ajudando os soldados a marcharem no ritmo. Fazendo uma analogia com a tropa e a fábrica, o ritmo total é ditado pelo mais lento, ou gargalo, que segue a batida do tambor representada pelo gerente de produção. O tambor desenvolve os planos e programas (batidas do tambor) para quando o material deve ser adquirido e processado pelos recursos.

O pulmão é um estoque regulador para manter o gargalo sempre operando na sua capacidade máxima, pois é o gargalo que determina o Ganho de todo o sistema, e deve ser expresso em estoque por tempo de segurança e não, por quantidade de peças. Segundo Chase et al. (2006) o pulmão que supre o gargalo no sistema é um pulmão de tempo.

Conforme Ferreira (2007) o pulmão deve proteger a restrição das flutuações estatísticas do processo, garantindo sempre o suprimento de material para a restrição trabalhar e também deve dar segurança à empresa para cumprir as promessas de entrega aos clientes no prazo com elevada confiabilidade. Para

Santos (2008) na primeira situação exposta por Ferreira (2007), o pulmão utilizado antes da restrição como um estoque regulador é chamado de Pulmão de Restrição (*Constraints Buffer*) e na segunda situação é chamado de Pulmão de Carregamento (*Shipping Buffer*).

Cogan (1999) comenta que no mundo real das empresas não se pode colocar as máquinas e recursos em ordem decrescente de capacidade e a solução deve continuar a ser buscada por intermédio do exemplo da tropa de Goldratt.

Para evitar a dispersão, no caso do primeiro da fila andar mais rápido que o recurso gargalo, uma corda pode ser amarrada ao soldado mais fraco ao que está imprimindo mais velocidade, e assim sucessivamente em toda a tropa. Uma folga na corda é importante para proteger o ritmo total, e o tamanho do intervalo será predeterminado pelo comprimento da corda escolhida. Em qualquer organização existem recursos com restrição de capacidade (soldados mais fracos).

Souza et al. (2000) definem a Corda como um sistema de informações com o propósito de determinar os momentos de liberação de materiais para a fábrica, que devem estar sincronizados com o sistema de produção. Resumindo, a taxa de liberação de materiais deve coincidir com o consumo da restrição, mas com antecedência correspondente aos pulmões de tempo estabelecidos.

Slack et al. (2002) definem o método TPC da seguinte forma: o centro de produção é o Tambor, que dita o ritmo para toda a produção. O ritmo determina a programação dos recursos não gargalo, puxando o trabalho ou Corda de acordo com a capacidade do gargalo. Estoques de proteção ou Pulmão devem ser colocados antes do gargalo para a garantia de nunca faltar trabalho para o recurso gargalo, que não deve trabalhar abaixo de sua máxima capacidade.

O método TPC é representado pela Figura 3.9, que mostra o fluxo de um produto pelos centros de trabalho A até o G, sendo D um centro de trabalho gargalo. Nota-se que a Corda, ou comunicação entre os centros, é representada pelas setas e o Pulmão (inventário) está alimentando o gargalo mantendo-o sempre ocupado.

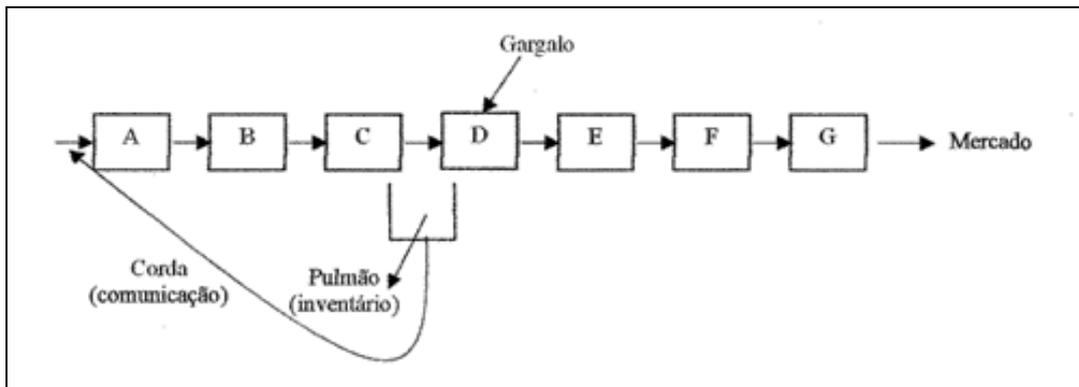


Figura 3.9: Método TPC através do fluxo de um sistema produtivo
 Fonte: Chase et al. (2006).

3.5 REGRAS DE PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO DA TOC

A TOC estabelece nove princípios básicos, partindo do pressuposto de que em toda linha produtiva há gargalos, e num dado momento sempre existirá um de maior poder restritivo. (COGAN, 1999)

Segundo Corrêa e Giansesi (1996), o foco na melhoria contínua dos processos está relacionado a nove princípios da linha de produção, abordados a seguir.

1. Balancear o fluxo e não a capacidade

Conforme Cousseau (2003) a abordagem tradicional enfoca o balanceamento da capacidade e o estabelecimento de um fluxo de materiais suave, e se possível contínuo. Esta afirmativa da abordagem tradicional é combatida pela TOC que enfatiza o fluxo de materiais e não a capacidade de recursos, ou seja, a TOC é contrária ao balanceamento da capacidade e a favor do fluxo de produção na fábrica com a demanda. Isto só é possível, segundo Cogan (1999), através da identificação dos gargalos (restrições) do sistema, sendo estes recursos gargalos os limitadores do fluxo do sistema como um todo.

2. A utilização de um recurso não gargalo não é determinada por sua disponibilidade, mas por outra restrição do sistema

A utilização de um recurso não-gargalo deve estar ligada a um recurso restritivo e não à sua efetiva capacidade disponível. Podem ser representados por

recursos internos com limitação de capacidade ou por limitação da demanda de mercado.

3. Utilização e ativação de um recurso não são sinônimas

A “utilização” corresponde ao uso de um recurso não gargalo em concordância com a capacidade de um recurso gargalo. Já a “ativação”, corresponde ao uso de um recurso não gargalo em volume maior à requerida por um recurso gargalo. Cousseau (2003) afirma que, ao ativar um recurso não gargalo, mais do que o suficiente para alimentar um recurso gargalo limitante, não contribui em nada com os objetivos da TOC. Contrariamente, o fluxo se manteria constante e ao mesmo tempo, o estoque e despesas operacionais se elevariam para administração do estoque gerado.

4. Uma hora perdida no gargalo é uma hora perdida em todo sistema

Qualquer tempo perdido na restrição diminui o tempo total do recurso restritivo. Nesse contexto, a TOC determina que só exista o benefício na melhoria da eficiência do processo produtivo através da redução do tempo de máquinas ou processos, se eles forem os fatores restritivos. Nas fábricas ocorre de forma diferenciada porque a preocupação em melhorar a eficiência não é sempre seletiva.

5. Uma hora economizada num recurso não gargalo é somente uma ilusão

O tempo disponível num recurso não gargalo se divide em três etapas: tempo de preparação, tempo de processamento e tempo ocioso. Dessa maneira, uma hora economizada de preparação do recurso não gargalo aumentará seu tempo de ociosidade, pois o tempo de processamento, que está ligado à outra restrição do sistema, não se altera. Para Goldratt, o tempo e dinheiro economizados neste recurso são inúteis.

6. As restrições governam o ganho e o estoque

Os recursos restritivos determinam o ritmo e o ganho do sistema, bem como os níveis de estoque. Estes são, pois, dimensionados e localizados em pontos específicos de maneira que haja a possibilidade de isolar os gargalos das flutuações estatísticas provocadas por recursos não gargalos que o suprem. Como já exposto

anteriormente, o estoque pulmão é necessário para evitar paradas no recurso restritivo, causada por atrasos oriundos de flutuações estatísticas ou efeitos aleatórios.

7. O lote de transferência não pode e muitas vezes não deve ser igual ao lote de processamento

O lote de processamento refere-se ao tamanho de lote que será totalmente processado num recurso antes que ele seja novamente preparado para o processamento de outro item. Já o lote de transferência refere-se ao tamanho dos lotes que devem ser transferidos para a próxima operação. Como na TOC, estes lotes não são necessariamente iguais, permite-se dividir os lotes e reduzir o tempo de passagem dos produtos pela fábrica. Guerreiro (1996a) afirma que alguns sistemas tradicionais de produção, tais como o MRP II (*Manufacturing Requirements Planning*), consideram iguais os lotes de processamento e os de transferência.

8. O lote de processamento deve ser variável e não fixo

A maioria dos sistemas tradicionais considera que o tamanho do lote deve ser fixo durante todas as etapas da linha produtiva, gerando um problema na escolha do tamanho de lote a ser assumido, uma vez que as características das operações individuais podem conduzir a um cálculo diferente. Na TOC, os lotes podem variar de uma operação para outra.

9. Os programas devem ser estabelecidos considerando todas as restrições simultaneamente

Para Guerreiro (1996a), a programação da produção deve considerar o conjunto de restrições existentes, ao responder as questões: o quê, quanto e quando produzir. Considerando este aspecto, o tratamento dado aos tempos de ressuprimento deve ser observado. Assim, Cogan (1999) afirma que os sistemas tradicionais baseiam-se no princípio de que os tempos de ressuprimento podem ser estabelecidos antes do processo e do planejamento, constituindo-se desta maneira em dados para suprir o sistema de planejamento da produção. Já na TOC, os tempos de ressuprimento serão estabelecidos em função da programação da produção.

Conforme Cousseau (2003) a TOC aborda o problema diferentemente dos outros sistemas de programação de produção, pelo fato de considerar simultaneamente a programação das atividades e a capacidade dos recursos restritivos, e assim decidir quais prioridades a serem seguidas nesses recursos.

3.6 CINCO PASSOS DA TOC

Para que as restrições sejam identificadas e tratadas de forma adequada a atingir os objetivos das organizações o Processo de Melhoria Contínua é proposto por Goldratt, pelo fato de existir um número quase ilimitado de possíveis melhorias. Então algumas perguntas surgem: Por onde começar? Quais melhorias nos levarão para mais próximo da meta? Um procedimento que fosse usado rotineiramente para determinar quais melhorias são as mais importantes em qualquer época seria ideal como resposta a essas perguntas (GUSMÃO, 1998).

Cogan (1999) afirma que a TOC pode ser explicada utilizando os cinco passos da focalização, cujos objetivos são manter a atenção dos gerentes nos recursos restritivos. Estes recursos restritivos são os inibidores do avanço do lucro das empresas. A abordagem dos cinco passos da focalização de Goldratt para o gerenciamento das restrições físicas é detalhada a seguir.

1º Passo – Identificar as restrições do sistema

Conforme Rocha Neto (2001) nesta etapa busca-se identificar o fator limitante do ganho no sistema, e uma forma para isso é medir a capacidade de cada máquina ou centro de trabalho da linha. Quando a carga de trabalho for maior que sua capacidade, a restrição do sistema é encontrada. Existem alguns indícios onde encontrar a restrição, tais como acúmulo de inventários, que são maiores à frente da restrição; e pedidos atrasados, descobrindo em quais recursos os pedidos estão sendo processados e onde ocorrem estes atrasos.

Para Antunes e Rodrigues (1998) as restrições podem ser externas ou internas. Quando a demanda total de um *mix* de produtos é maior do que a capacidade fabril tem-se uma restrição de produção, tratando-se de uma questão estrutural do sistema produtivo; e quando a capacidade produtiva é inferior à

demanda de produção está relacionada ao mercado, ou seja, é externa ao sistema produtivo. Rahman (2002) comenta sobre a importância em identificar as restrições físicas e as políticas das organizações, além de definir suas prioridades, que devem estar em concordância com o impacto dos objetivos organizacionais.

2º passo – Decidir como explorar as restrições do sistema

De acordo com Rahman (2002) se a restrição é física o objetivo deve ser torná-la o mais eficiente possível; e se é política não deve ser explorada, porém eliminada e substituída por outra que impulse à empresa a elevação do ganho. Cogan (1999) lista algumas medidas em recursos gargalos físicos para o aumento do ganho: rígido controle nas manutenções e tempos de preparação; acurado controle de qualidade antes do gargalo para evitar rejeição de produtos que passaram pelo gargalo, configurando perda de tempo no sistema como um todo; utilização de um Pulmão de Restrição antes do gargalo; e estudo para redução de carga do gargalo, seja através de outra máquina ou recurso.

3º passo – Subordinar qualquer coisa à decisão do passo anterior

De acordo com Guerreiro (1996b) na etapa anterior foi definido a ação para as restrições, e nesta etapa é evidente o que realizar com os recursos não gargalos. Goldratt & Cox (2002) afirmam que tudo deve ser subordinado à decisão do passo anterior, então, subordinar qualquer outro evento à decisão anterior significa que todos os demais recursos não restritivos devem funcionar de acordo com o recurso restritivo.

Segundo Noreen et al. (1996, p.32): “A solução TOC começa com a premissa de que os recursos diferentes e as flutuações e interrupções estatísticas não podem ser verdadeiramente eliminadas. Qualquer solução viável deve lidar com estes fatos da vida”.

Conforme Rocha Neto (2001) um recurso não gargalo pode, e em várias ocasiões deve ficar ocioso. Ótimos locais não garantem ótimos globais. Uma empresa onde todos trabalham em sua máxima capacidade é ineficiente.

Cogan (1999) conclui dizendo que na TOC o fluxo deve ser equilibrado com a demanda e não com a capacidade de cada recurso, o que geraria excesso de

inventário e desperdício. Para qualquer recurso não gargalo, o nível de atividade pelo qual o sistema consegue se beneficiar não é determinado pelo seu potencial individual, mas sim por outra restrição no sistema. Sendo assim, surge a aplicação do método TPC interligando a primeira operação do sistema produtivo ao RRC (Recurso com Restrição de Capacidade) de modo que haja uma sincronização entre essas operações.

4º passo – Elevar as restrições do sistema

Nesta etapa procura-se aumentar a capacidade da restrição, e ao obter sucesso, ocorre quebra da restrição. O desempenho da empresa subirá e saltará para o infinito? É claro que não, pois surgirá outra restrição no sistema inibindo o desempenho global. Ao mudar a restrição do sistema é necessário seguir para o quinto passo da focalização.

Rocha Neto (2001) cita alguns investimentos para aumentar a capacidade do recurso restritivo a seguir: aquisição de novos equipamentos, mudança de tecnologia, desenvolvimento de processos, matérias-primas alternativas e outros.

5º passo – Se uma restrição é quebrada volte ao primeiro passo, mas não deixe que a inércia se torne uma restrição do sistema.

Segundo Goldratt, em várias empresas analisadas, foram encontradas restrições políticas em vez de restrições físicas. Na realidade, muitas restrições que parecem ser físicas, são na verdade, conseqüências das restrições políticas da empresa. Ao invés de restrições de mercado, na maioria dos casos são restrições de políticas de produção e *marketing*. Ao invés de restrições de fornecedores, na maior parte há restrições de políticas de compras. Analisando o porquê dessas políticas, observa-se que os motivos pelos quais foram elaboradas deixaram de existir, porém as políticas, normas e procedimentos teimam em continuar existindo.

Conforme Pi-Fang e Miao-Hsueh (2005), ao surgimento dos novos recursos restritivos, devido à quebra das restrições anteriores, a organização deve lidar efetivamente com estes novos gargalos, aplicando o Processo de Melhoria Contínua através da utilização dos cinco passos da focalização da TOC, que está representado na Figura 3.10, para a resolução de todos os possíveis problemas.

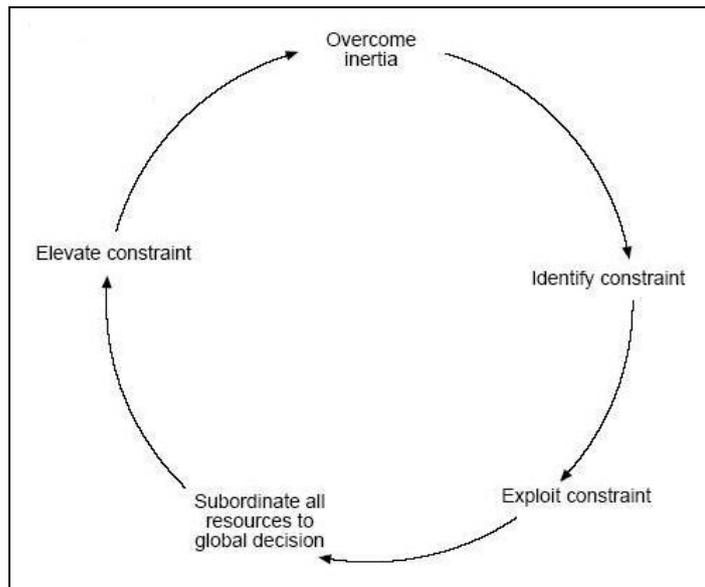


Figura 3.10: O Método de focalização em cinco passos
Fonte: Rahman (2002).

Noreen et. al. (1996) afirmam que implementar os cinco passos da focalização num típico ambiente de produção pode render rápidas e substanciais melhorias nas operações e no lucro das empresas. Entretanto, para Rahman (2002), o processo de melhoria contínua acabará deslocando as restrições do ambiente de produção para o mercado, gerando restrições políticas, que em geral são difíceis de identificar e avaliar, além de requerer o envolvimento de todas as áreas funcionais. Por isso, conforme já abordado no presente trabalho, o Processo de Raciocínio foi desenvolvido por Goldratt para criar soluções e desenvolver descobertas, usando o senso comum, o conhecimento intuitivo e a lógica.

3.7 COMENTÁRIO SOBRE O CAPÍTULO

A revisão de literatura sobre a Teoria das Restrições buscou fundamentar teoricamente o estudo de caso. O método TPC descrito no presente trabalho é aplicado para as restrições físicas de processos produtivos. Então surge a seguinte pergunta: Se a metodologia TPC é aplicável fundamentalmente aos ambientes de produção, porque abordar o assunto, já que o trabalho enfoca o ambiente de serviços? A resposta é simples: é preciso abordar o método TPC e as regras de

programação de produção pelo fato de permitirem fácil visualização e um melhor entendimento sobre o conceito e as particularidades da TOC.

É importante salientar que os cinco passos de focalização do processo de melhoria contínua da TOC podem ser usados em qualquer ambiente de gestão, visando buscar as restrições físicas do processo. Além disso, o sistema de gestão de qualquer ambiente, produtivo ou de serviços, obtém um importante ganho ao aplicar o processo de melhoria contínua conjuntamente com os Processos de Raciocínio.

O estudo de caso descrito no capítulo a seguir será delineado pelo uso das ferramentas do processo de raciocínio, visando achar os problemas fundamentais do processo de gestão de contratos de equipamentos submarinos de petróleo e gás e buscar soluções para resolvê-los.

CAPÍTULO 4

ESTUDO DE CASO

Este capítulo aborda a metodologia da pesquisa, bem como o estudo de caso da aplicação das ferramentas dos Processos de raciocínio da Teoria das restrições na gestão da manutenção de equipamentos submarinos de óleo e gás.

4.1 METODOLOGIA DA PESQUISA

Segundo Cervo e Bervian (1996) qualquer pesquisa consiste em um conjunto de atividades voltadas à solução de problemas através da utilização de procedimentos científicos. Para Vianna (2001), em função de sua natureza, a pesquisa científica pode ser classificada como pura e aplicada. A pesquisa aplicada é realizada para fins práticos e para solução de problemas reais e específicos, que caracteriza esse trabalho.

Do ponto de vista dos objetivos, o trabalho possui sua base em uma pesquisa exploratória e descritiva. Estudos exploratórios são usados para analisar um tema ou um problema de pesquisa pouco explorado, ou com muitas dúvidas, ou que não tenha sido abordado anteriormente (SAMPIERE, et al., 2006).

Quando se utilizam técnicas como questionários, entrevistas e outros procedimentos padronizados de coleta de dados classifica-se a pesquisa como descritiva (VIANNA, 2001).

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos utilizados, o estudo de caso é principal procedimento aplicado no presente trabalho. Gil (2002) define o estudo de caso como um estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, permitindo o seu conhecimento detalhado e amplo. Fachin (2003) diz que o estudo de caso é uma estratégia que leva em consideração a compreensão completa de todos os aspectos do assunto investigado.

O ambiente do estudo de caso aplica-se a atividade de manutenção contratada por organizações operadoras de petróleo e gás e realizado nas bases das empresas prestadoras de serviços de manutenção e fabricantes de equipamentos submarinos para completação de poços de petróleo. A área de

atuação da pesquisa limita-se a cidade de Macaé no estado do Rio de Janeiro, pólo industrial da cadeia de suprimentos da indústria de petróleo e gás.

É importante destacar que embora a pesquisa seja limitada por empresas fornecedoras de equipamentos e ferramentas submarinos para completação de poços localizadas na cidade de Macaé, elas representam praticamente toda a cadeia de fornecimento desses equipamentos no mundo. A representação da participação do mercado global de ANM e *Manifold* submarinos é ilustrada por meio da Figura 4.1.

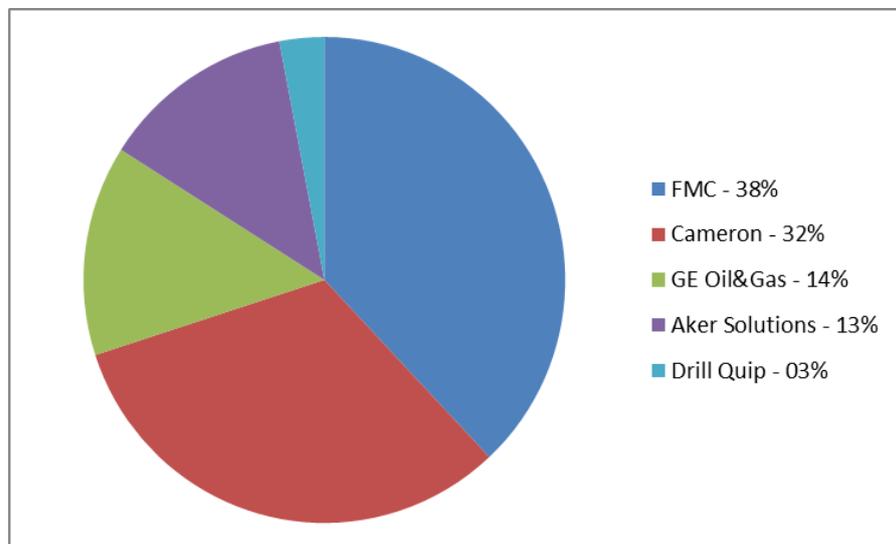


Figura 4.1: Participação do mercado global de ANM e *Manifold* submarinos
Fonte: *Infield the Energy Analysts (2011)*.

Analisando a Figura 4.1 observa-se que duas empresas, FMC e Cameron, juntas, detêm 70% da fatia do mercado mundial de equipamentos submarinos, o que denota a força competitiva que estes fornecedores possuem nas relações comerciais estratégicas com as operadoras de petróleo.

Segundo o BNDES (2012), o segmento de equipamentos submarinos e serviços *offshore*, estão inseridos numa característica importante do setor de P&G, a alta concentração de mercado em diversos segmentos da cadeia por parte de poucas empresas. Isso se dá devido a maior complexidade tecnológica e maior valor agregado dos equipamentos, cuja produção é realizada na sua grande maioria por multinacionais estrangeiras detentoras de P&D.

O estudo de caso está estruturado nas etapas a seguir:

- Descrição do processo de manutenção de equipamentos submarinos;
- Determinação do perfil dos respondentes;
- Elaboração do instrumento de pesquisa;
- Coleta de dados;
- Análise e avaliação dos dados;
- Aplicação das ferramentas do PR da TOC;
- Análise do estudo de caso.

4.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO

A modelagem do processo de manutenção de equipamentos submarinos ilustrado no Apêndice A do presente trabalho foi realizada utilizando o programa *Innovator 11.4.3 Personal Edition* para Modelagem de Processos de Negócios ou BPMN (Business Process Modeling Notation).

A necessidade de manutenção dos equipamentos pode ser gerada por três *inputs*: a criação da Nota de manutenção pelo cliente interno; por intermédio do Plano de manutenção do equipamento; ou por necessidade operacional específica.

De acordo com a experiência do próprio autor, o processo de manutenção de equipamentos submarinos é descrito a seguir.

O início do processo de manutenção ocorre na entrada do equipamento ou ferramenta na base operacional da empresa prestadora dos serviços de manutenção, onde a equipe de inspeção de qualidade realiza a inspeção de recebimento, emitindo o Relatório de Inspeção de Recebimento (RIR).

O RIR contém informações técnicas com as fotografias da condição do equipamento recebido, oriundo das atividades operacionais em sondas marítimas, tais como falta de componentes, corrosão, avarias, amassamentos e outros defeitos que possam ser visualizados externamente.

Um pré-teste funcional e de estanqueidade é realizado pela equipe de execução da manutenção, quando o equipamento não possui um plano de manutenção ou histórico operacional. O Plano de Manutenção dos equipamentos e ferramentas tem a finalidade de definir os critérios e prazos de manutenção a serem adotados, conforme recomendações do fabricante, tais como quantidade e tempo de operações nas atividades *offshore*. Os tipos de manutenção definidos no plano de manutenção são: Manutenção preventiva tipo A ou externa; Manutenção preventiva tipo B ou C (interna); Manutenção corretiva; e Manutenção localizada.

Para o início do processo de manutenção propriamente dito é aberta uma Autorização de Serviço (AS) e submetida à aprovação da fiscalização técnica do cliente, contendo os preços e prazos dos serviços. Após a aprovação da AS, ocorre uma abertura da Ordem de Manutenção (OM) no Programa de gerenciamento de manutenção informatizado.

Na ocorrência de alguma anomalia durante a operação do equipamento ou ferramenta na sonda marítima, um Relatório de Anomalia é gerado para subsidiar a equipe de operação na definição da manutenção a ser realizada e posterior abertura da Nota de manutenção.

A Nota de manutenção, documento gerado pelo Cliente interno ou Ativo de Produção no Programa de gerenciamento de manutenção informatizado, é um dos *inputs* do processo, que define o centro de custo e solicita a manutenção dos equipamentos.

A Ordem de Manutenção (OM) é um documento gerado pelo Planejador de manutenção do Cliente no Programa de gerenciamento de manutenção, cuja função é planejar, apropriar os custos e as peças aplicáveis dos serviços, além de realizar o arquivamento eletrônico da documentação técnica gerada da manutenção do equipamento no programa de manutenção. Esse trabalho de arquivamento técnico do planejador, bem como o lançamento das linhas de serviço no programa de manutenção, compõe o histórico de dados de manutenção dos equipamentos e ferramentas submarinos.

Na manutenção preventiva interna ou corretiva, quando o plano de manutenção orienta a desmontagem geral do equipamento, são aprovadas

inicialmente a AS de desmontagem geral e o lançamento da OM no programa de manutenção. Após a desmontagem geral do equipamento ou ferramenta, onde a equipe de execução realiza a desmontagem de todos os componentes e subconjuntos conforme desenho de conjunto do equipamento, manuais técnicos e procedimentos específicos, os ensaios não destrutivos (END) são realizados e o Relatório de Avarias (RA) é emitido pela equipe de engenharia de manutenção, com o delineamento dos serviços, recomendando os reparos necessários, os componentes a serem substituídos e os ensaios não destrutivos que deverão ser realizados após a fase de reparo.

Quando há no RA a necessidade de aquisição de sobressalentes e componentes não recuperáveis ou cuja recuperação é mais onerosa que o custo de aquisição a seguinte pergunta faz-se necessária: O sobressalente está contido na planilha de peças do contrato de manutenção? Se sim, o material é aplicado diretamente pelo fornecedor, e caso a resposta seja não, dá-se início ao processo de aquisição de materiais.

O processo de aquisição de materiais gera um documento padronizado denominado Pedido de Material (PM), que é submetido à aprovação da fiscalização técnica da empresa contratante, e após a aprovação, é emitido ao setor de aquisição de materiais. O documento PM é submetido à avaliação de uma equipe especializada que compara os itens solicitados ao Padrão de Descrição do Material (PDM). Em caso de aprovação do PM pela equipe de aquisição de materiais, as peças listadas no PM podem ser compradas diretamente pelo fornecedor em caso de exclusividade, ou adquiridas no mercado por meio da compra de item comercial. O processo de aquisição de materiais é finalizado quando a reserva do material é emitida e o efetivo atendimento dos sobressalentes necessários à manutenção.

A aprovação do RA e do PM pela fiscalização técnica iniciam a fase de reparo e o saneamento das sucatas e inservíveis gerados por causa das peças e componentes reprovados visualmente e por intermédio dos END. As sucatas e inservíveis do processo de manutenção são destinados para uma área adequada.

A fase de reparo é o caminho crítico do processo de manutenção, pelo fato de demandar o tempo mais longo para execução dos serviços de recuperação

contidos no RA e também necessitar de serviços de empresas subcontratadas especialistas em diversos processos de usinagem, soldagem, revestimento e outros serviços de reparo. Nessa fase é gerada uma grande quantidade de relatórios técnicos que contribuem para compor o livro de dados ou *data book*⁶ dos equipamentos. A necessidade da conformidade dos processos de reparo com as exigências normativas e padrões técnicos contidos no RA exigem um maior controle de qualidade nessa fase.

A finalização da fase de reparo dos componentes e o fornecimento das peças provenientes do PM e das peças fornecidas pela empresa Contratada contidas na Planilha de sobressalentes listadas no contrato inicia a fase final do processo de manutenção.

Na fase final do processo de manutenção ocorre a abertura e aprovação da AS de serviço de Montagem geral, Pintura geral e Teste geral para concluir a manutenção da ferramenta ou equipamento. Após aprovação do Teste geral pressurizado uma Inspeção final é realizada para atestar se todas as etapas do roteiro de manutenção foram seguidas e executadas conforme as normas e padrões técnicos recomendados, e emitido o Relatório de Inspeção final.

O *data book* contendo todos os relatórios técnicos gerados durante as fases da manutenção é analisado e aprovado pela equipe da Garantia da Qualidade, sendo arquivada fisicamente e eletronicamente para futuras auditorias, para consulta ao histórico de manutenção e análise pela Engenharia de Manutenção.

Quando da saída dos equipamentos ou ferramentas para o atendimento à operação na sonda marítima, uma Inspeção da condição externa e do estado geral dos equipamentos ou ferramentas é realizada, gerando o Relatório de Inspeção de saída ou expedição (RIS).

Após a efetiva realização da manutenção, a finalização da AS de montagem e teste do equipamento e a composição dos dados de histórico da manutenção há o encerramento técnico da OM no programa de gerenciamento de manutenção

⁶ É uma coleção de documentos de todo o processo de manutenção do equipamento, contendo as evidências para o cliente, podendo envolver as áreas comerciais, técnica e de qualidade.

informatizado, finalizando assim o processo de manutenção do equipamento submarino.

O escopo das atividades de cada nível de manutenção, dos processos de reparo e de outros serviços de apoio à manutenção está contido na descrição do anexo técnico do contrato de manutenção de equipamentos e ferramentas submarinos descrito no Apêndice I do presente trabalho.

4.3 DETERMINAÇÃO DO PERFIL DOS RESPONDENTES

O universo ou população dessa pesquisa compreende os profissionais ligados a gestão de contratos de manutenção de equipamentos submarinos de completação e produção de poços de petróleo de empresas fornecedoras e prestadoras de serviços de manutenção, com suas bases operacionais localizadas na cidade de Macaé no estado do Rio de Janeiro. Os profissionais são coordenadores, supervisores, especialistas e gerentes das áreas de produção, qualidade, engenharia, materiais, manutenção e outras ligadas à gestão de manutenção de equipamentos submarinos de petróleo.

Foram adotados alguns critérios para a escolha dos respondentes, citados a seguir:

- Mínimo de quatro anos de experiência nas atividades de manutenção e no segmento de petróleo.
- Experiência na atividade principal da função manutenção ou em alguma atividade de apoio à função manutenção.
- As principais atividades de apoio à função manutenção são: engenharia de manutenção; gestão da qualidade; gestão de materiais; planejamento, controle e programação da manutenção; e gestão de contrato de manutenção.
- Experiência na atividade de manutenção de equipamentos submarinos de petróleo.

O questionário foi respondido pelos profissionais escolhidos, segundo os critérios já estabelecidos, e cujas respostas foram dadas por meio de preenchimento individual. O questionário foi enviado pelo pesquisador por intermédio de *e-mail*

eletrônico para 32 profissionais de empresas ligadas a gestão de contratos de manutenção de equipamentos submarinos.

O Objetivo principal do questionário foi levantar os principais problemas de natureza física e de natureza política na gestão de contratos de manutenção de equipamentos submarinos de petróleo, além das ligações e relacionamentos entre os problemas listados. Outro objetivo foi incitar a proposta de soluções para os problemas fundamentais, segundo a percepção e experiência dos avaliadores.

4.4 ELABORAÇÃO DO INSTRUMENTO DE PESQUISA

Quanto à forma de abordagem, o trabalho possui natureza quantitativa e qualitativa. Segundo Vergara (2005), a pesquisa quantitativa busca quantificar ou determinar a quantidade de respostas mediante a pergunta ou item pesquisado. Para Vianna (2001) a pesquisa qualitativa busca identificar relações, causas, efeitos, opiniões, significados, categorias e outros aspectos necessários à compreensão da realidade estudada, analisando cada situação a partir de dados descritivos.

Quanto ao método da pesquisa, o trabalho constitui-se dos seguintes elementos de coleta de dados classificados por Markoni e Lakatos (2006): documentação direta por meio de pesquisa de campo; documentação indireta (pesquisa documental e bibliográfica); observação direta intensiva (observação e entrevistas); e observação direta extensiva por meio de aplicação de questionário estruturado.

A pesquisa de campo se deu por intermédio de visitas do pesquisador às empresas fornecedoras e prestadoras de serviços de equipamentos submarinos de completação de poços de petróleo. Especificamente, buscou-se entender o processo de manutenção, bem como o escopo do contrato de manutenção entre as empresas contratadas e as operadoras de petróleo. Os equipamentos e ferramentas submarinos enfocados na pesquisa foram ANM e dutos submarinos de completação.

Do universo das sete grandes empresas fornecedoras de equipamentos submarinos do cenário mundial e que possuem suas bases na cidade de Macaé, três delas tiveram seus processos da atividade de manutenção pesquisados. O

estudo foi facilitado pelo fato do pesquisador atuar diretamente na gestão de contratos de manutenção das empresas pesquisadas. Apesar da experiência e conhecimento na área por parte do pesquisador, buscou-se não influenciar na percepção dos respondentes do questionário e nas entrevistas.

O fato de o pesquisador ser um gestor de contratos de manutenção de equipamentos submarinos de petróleo facilita o acesso ao ambiente pesquisado, possibilitando o uso da metodologia observação participante no estudo de caso.

Na metodologia observação participante, a presença do pesquisador no cotidiano dos entrevistados pode causar ações pouco espontâneas ou gerar situações incomuns no dia-a-dia. Todavia, o risco dessa ocorrência é compensado pela oportunidade de conceder voz ativa ao entrevistado, facilitando o compartilhamento e a construção do conhecimento mútuo (FINOCCHIO JUNIOR, 2009).

Quanto à pesquisa documental e bibliográfica buscou-se aprofundar o estudo no anexo técnico do contrato de manutenção, bem como conhecer os relatórios gerados durante o processo de manutenção, além dos principais padrões e normas técnicas utilizadas nas atividades do processo de manutenção. Visando complementar o entendimento sobre a aplicação do estudo de caso e as particularidades do ambiente pesquisado, buscou-se uma revisão bibliográfica sobre os principais equipamentos submarinos de petróleo, apresentado no Apêndice H.

O principal instrumento de coleta de dados da pesquisa, a observação direta extensiva, deu-se por meio de questionário estruturado, apresentado no Apêndice B, dividido em dois blocos descritos a seguir.

- Bloco 01: contém os elementos que buscam identificar o perfil profissional do respondente com destaque para os campos que apresentam a função na empresa, o tempo de experiência profissional na função manutenção e o tempo de experiência no segmento de petróleo.
- Bloco 02: contém 11 questões para respostas abertas com base na ilustração de um fluxograma e diagrama de rede simplificados do

processo de manutenção de equipamentos submarinos aplicados na gestão de serviços de manutenção.

No bloco 02, o objetivo principal é a obtenção dos dados, por meio da descrição dos principais problemas listados pelos especialistas, os relacionamentos e ligações geradas da lista dos problemas listados, os problemas-kerne e as soluções propostas para solucionar os problemas. Buscou-se também identificar quais as principais políticas de manutenção aplicadas, bem como a etapa gargalo do processo de manutenção na visão dos especialistas.

A observação direta intensiva deu-se durante as observações do pesquisador na execução da pesquisa de campo e nas entrevistas com os respondentes do questionário aplicado. Durante o período de aplicação do questionário estruturado, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com alguns dos respondentes para elucidar o entendimento sobre as respostas dadas e não entendidas pelo pesquisador e absorver dados complementares para o enriquecimento do estudo de caso.

Segundo Sampiere et al. (2006), o uso da entrevista semi-estruturada é aplicável em situações nas quais o pesquisador baseia-se numa estrutura de questões, porém, possui a liberdade de introduzir mais questões a fim de precisar os conceitos e obter mais informações uteis ao objetivo da pesquisa.

4.5 COLETA DE DADOS

No período entre 29 de novembro de 2012 a 28 de fevereiro de 2013 ocorreu a coleta dos dados da pesquisa, resultando em 23 entregas de questionários respondidos dos 32 submetidos aos especialistas. O período planejado para coleta de dados foi de um mês, ou seja, até o final de dezembro de 2012. Entretanto, devido a natureza da atividade dos serviços de manutenção de equipamentos submarinos exigir muito tempo dos profissionais, por causa das constantes necessidades operacionais urgentes para atendimento à operação, não foi possível cumprir a meta de coleta de dados planejada inicialmente.

Quando o especialista não respondia todas as questões, o questionário era enviado novamente por correio eletrônico solicitando o completo preenchimento e explicando ao respondente a importância de sua contribuição para a pesquisa. Em alguns casos, houve a necessidade de realização de entrevistas com os respondentes para elucidar o entendimento de algumas respostas, com o objetivo de realizar a construção dos quadros e tabelas contendo as restrições, as propostas de soluções às restrições e as causas-raiz dos problemas listados, bem como outros dados relevantes para a realização do estudo.

Ao obter 23 questionários com todas as questões respondidas, e considerando que os especialistas do universo da pesquisa abrangem as principais áreas ligadas à função manutenção, os dados foram considerados válidos. Dessa maneira os dados foram tabulados em quadros, ilustrados nos Apêndices C e D para atender os objetivos da pesquisa.

4.6 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Foi realizada uma análise estatística de dados do instrumento da pesquisa em relação ao perfil dos especialistas, concernente à experiência profissional na atividade de manutenção e no segmento de petróleo e gás. O quadro do perfil dos respondentes é ilustrado no Apêndice E. Em primeiro lugar, uma estatística descritiva e logo após, foram agrupados os dados em classes de anos de experiência. Os dados de estatística descritiva e teste de normalidade foram compilados por intermédio do programa gratuito *Assistat* versão 7.6 beta. As Tabelas 4.1 e 4.2 ilustram os resultados estatísticos gerados.

Analisando os dados estatísticos do instrumento de pesquisa referente ao perfil dos respondentes, observa-se na Figura 4.2, quanto à experiência do profissional na área de manutenção, 35% estão contidos na faixa entre 4 a 10 anos de experiência profissional e 26% estão contidos na faixa entre 16 a 20 anos de experiência. Esses dados mostram que o critério experiência profissional na área de manutenção foi atendido para validação dos dados adquiridos, com certa uniformidade entre as classes, cuja distribuição segue uma normal.

Tabela 4.1: Resultado dos dados simples de estatística descritiva relativos ao tempo de experiência do profissional de manutenção

Dados de estatística descritiva	
Número de dados	23
Valor min.	04
Valor máx.	33
Amplitude	29
Ponto médio	18,5
Média aritmética	16,5
Lim. Conf. Inf. M(95%)	12,7
Lim. Conf. sup. M(95%)	20,3
Mediana	18
Moda	20
Desvio médio	7,5
Desvio padrão (N-1)	8,8
Desvio padrão (N)	8,6
Variância (N-1)	77,3
Variância (N)	73,9
Coef. Variação (N-1)	53,2
Coef. Variação (N)	52,0
Coef. Assimetria	0,08
Coef. Curtose	-1,13

Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 4.2: Resultado estatístico dos dados agrupados em classes de tempo de experiência profissional dos especialistas na área de manutenção

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto à experiência do profissional no segmento de petróleo e gás, observa-se na Figura 4.3 que 70% dos profissionais estão contidos na faixa entre 4 a 10 anos de experiência. A análise dos dados simples mostra que a distribuição não segue uma distribuição normal, com medida bimodal de resultados cinco e seis anos de experiência, representada por 11 dos 23 respondentes obtidos. Esses dados mostram que a pesquisa é influenciada fortemente por profissionais com razoável experiência profissional na área de petróleo e gás.

Tabela 4.2: Resultado dos dados simples de estatística descritiva relativos ao tempo de experiência do profissional na área de petróleo e gás

Dados de estatística descritiva	
Número de dados	23
Valor min.	04
Valor máx.	30
Amplitude	26
Ponto médio	17,0
Média aritmética	10,1
Lim. Conf. Inf. M(95%)	6,8
Lim. Conf. sup. M(95%)	13,3
Mediana	06
Moda	05
Desvio médio	5,7
Desvio padrão (N-1)	7,5
Desvio padrão (N)	7,3
Variância (N-1)	56,4
Variância (N)	54,0
Coef. Variação (N-1)	74,4
Coef. Variação (N)	72,8
Coef. Assimetria	1,60
Coef. Curtose	1,46

Fonte: Elaborado pelo autor.

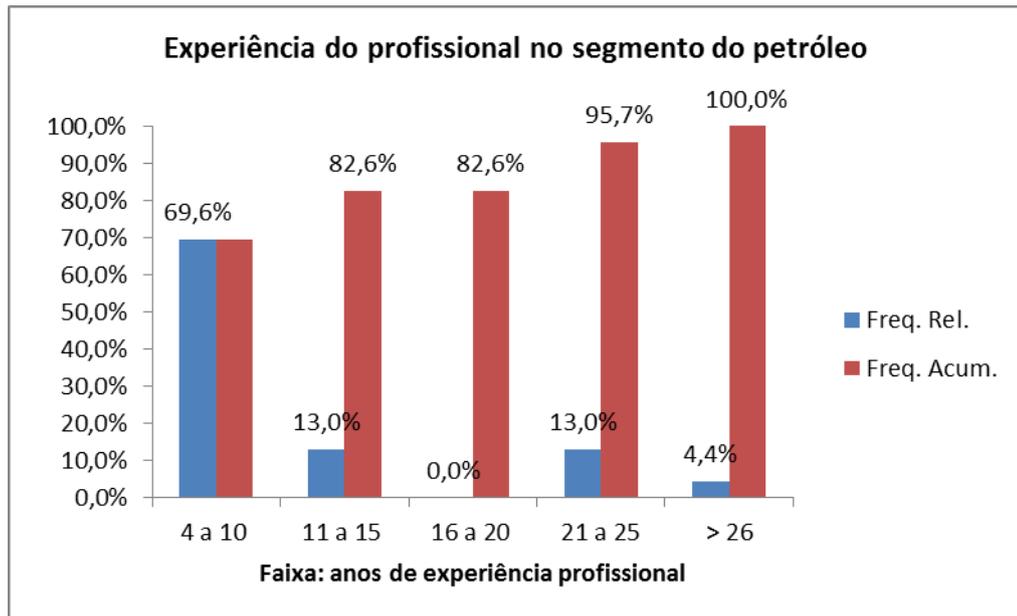


Figura 4.3: Resultado estatístico dos dados agrupados em classes de tempo de experiência profissional dos especialistas na área de petróleo e gás
 Fonte: Elaborado pelo autor.

As Tabelas 4.3 e 4.4 mostram, respectivamente, os resultados estatísticos dos dados referente ao nível de escolaridade e à importância das áreas de apoio ligadas a gestão dos contratos de manutenção de equipamentos submarinos.

Quanto ao nível de escolaridade dos respondentes 40% possuem nível superior em engenharia, dos quais 78% são de formação em engenharia mecânica e 60% possuem nível técnico em mecânica. Há uma forte influência de formação especializada em mecânica, atendendo o objetivo da pesquisa, no que tange ao foco dado a pesquisa na área de manutenção mecânica de equipamentos submarinos de petróleo.

Quanto à análise do resultado estatístico dos dados referente às equipes ligadas à função manutenção nos contratos de manutenção de equipamentos submarinos, os profissionais de gestão da manutenção e gestão da qualidade, acumulam 56,5%, sendo as especialidades que influenciam mais fortemente a pesquisa quanto à percepção das restrições.

Tabela 4.3 – Resultados dos dados sobre o nível de escolaridade

Nível de escolaridade	Freq. Abs.	Freq. Rel.	Engenharia Produção	Engenharia Mecânica	
Superior	09	39,1%	02	07	Freq. Abs.
Técnico	14	60,9%	22,2%	77,8%	Freq. Rel.
	23	100,0%			

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 4.4 – Resultados estatísticos dos dados sobre a importância das áreas de apoio ligadas à função manutenção (ordenadas da maior para a menor contribuição)

Áreas de apoio à função manutenção	Freq. Abs.	Freq. Rel.	Freq. Relat. Acum.
Gestão da manutenção	8	34,8%	34,8%
Gestão da qualidade	5	21,7%	56,5%
Planejamento e controle da manutenção	4	17,4%	73,9%
Gestão de materiais	3	13,1%	87,0%
Engenharia da manutenção	3	13,0%	100,00%
	23	100,0%	

Fonte: Elaborado pelo autor

4.7 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DO PROCESSO DE RACIOCÍNIO DA TOC NA GESTÃO DE MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS SUBMARINOS

Neste estudo de caso foram utilizadas quatro ferramentas básicas do Processo de Raciocínio (PR) da TOC: Árvore de Realidade Atual (ARA), Árvore de Realidade Futura (ARF), Árvore de Pré Requisitos (APR) e Árvore de Transição (AT) para propor ações no sentido de reduzir e/ou eliminar os problemas encontrados na gestão de contratos de manutenção de equipamentos submarinos de petróleo.

Este trabalho é baseado em um estudo realizado por Wu et. al (2010) que utiliza as ferramentas básicas da TOC, exceto o Diagrama de Dispersão de Nuvem

(DDN), encaixando-se em quatro passos de um método de resolução de problemas global proposto a seguir: (i) Buscando encontrar o problema; (ii) Descobrendo a idéia que solucione o problema; (iii) Descobrendo os obstáculos que impedem a solução; e (iv) Encontrando a ação que solucione o problema.

O encaixe das ferramentas do PR da TOC com o modelo global de resolução de problemas é mais eficaz quando aplicado em processos que exijam profissionais especialistas na área. Segundo Wu et. al (2010) algumas características distinguem os especialistas dos iniciantes, tais como: (1) É provável que os especialistas fiquem mais tempo analisando as informação inserida no problema; (2) Os especialistas são mais propensos a incorporar os componentes e tópicos pertinentes ao seu domínio de conhecimento com a informação; (3) Ao classificar os problemas, é mais provável que os especialistas identifiquem e apliquem os princípios fundamentais pelos quais o problema é construído.

A gestão da manutenção de equipamentos submarinos de petróleo possui atividades que demandam profissionais especialistas para execução, gerenciamento, monitoramento e análise do processo de manutenção com rapidez para atender prontamente as operações de completação dos poços de óleo e gás.

Em suma, os fatores: necessidade de especialização profissional e rapidez no atendimento operacional exigem um processo de resolução de problemas mais dinâmico e flexível. Dessa maneira, buscando obter resultados satisfatórios com mais rapidez, a aplicação das ferramentas do PR da TOC, sem a necessidade de aplicar a ferramenta DDN, em conjunto com o método de resolução de problemas global, torna-se uma opção para resolver os problemas fundamentais por meio de ações práticas viáveis na gestão de manutenção de equipamentos submarinos de petróleo.

Comumente, em trabalhos realizados por Martins (2002), Sellitto (2005b), Alves et. al (2010), Lemos (2012), dentre outros, observa-se a aplicação das cinco ferramentas básicas do PR da TOC. No entanto, estudos de caso relatados por Taylor et. al (2003), Scoggin et. al (2003) e Wu et. al (2010) optaram por não utilizar as cinco ferramentas e sim, quatro delas, também obtendo resultados satisfatórios com maior flexibilidade e rapidez.

4.7.1 Encontrando o problema cerne

A fim de encontrar os problemas cerne ou as causas raiz da gestão de contrato de serviços de manutenção de equipamentos submarinos de petróleo, o primeiro passo é identificar os efeitos indesejáveis (EI's) dentre os problemas listados pelos profissionais especialistas, obtidos do questionário aplicado na pesquisa. Para este propósito, constrói-se a Árvore de Realidade Atual (ARA) a partir dos 11 EI's escolhidos dentre os 106 problemas listados e depurados pelo grupo focal formado por cinco respondentes da pesquisa através de reuniões com o pesquisador.

Para a construção e validação das árvores do processo de raciocínio o grupo focal formado é composto por dois gestores de contrato, um gestor de manutenção, um gestor de qualidade e um engenheiro de manutenção. Cinco reuniões com o grupo focal foram realizadas para construção e montagem dos diagramas esquemáticos das árvores sob a liderança do pesquisador.

Os 11 EI's mais relevantes, na percepção dos especialistas e do grupo focal, são descritos sucintamente a seguir:

- EI-2 Planejamento inadequado da manutenção.
- EI-17 Gestão inadequada de aquisição de peças.
- EI-25 Falha de inspeção de qualidade nas etapas de manutenção.
- EI-26 Falha do controle de qualidade nas etapas de manutenção.
- EI-46 Falta política adequada de treinamento de pessoal.
- EI-52 Falta de pessoal qualificado para execução das tarefas de manutenção.
- EI-60 Falta padronização das atividades de manutenção.
- EI-70 Atraso na etapa de reparo da manutenção.
- EI-73 Falha na contratação dos serviços de manutenção de equipamentos submarinos.

- EI-74 Falha no desenvolvimento de fornecedores de serviços da etapa de reparo.
- EI-95 Gestão da manutenção inadequada.

Em primeiro lugar, os dados obtidos de cada especialista foram organizados em dois quadros, com as respostas relativas às perguntas dos questionários aplicados, bem como a interpretação dos problemas físicos e os problemas de políticas de gestão. Esses quadros, ilustrados nos Apêndices C e D, possuem as seguintes informações do questionário:

- Principais problemas físicos contidos na pergunta nº 1 do questionário;
- Problemas físicos interpretados da pergunta nº 1 do questionário;
- Problemas de políticas de gestão interpretados das respostas da pergunta nº 8 do questionário;
- Causas raiz dos problemas listados na pergunta nº 1 (pergunta nº 3 do questionário);
- Soluções mitigadoras sobre os problemas listados na pergunta nº 1 (pergunta nº 4 do questionário);
- Causas raiz dos problemas listados na pergunta nº 8 (pergunta nº 10 do questionário);
- Soluções mitigadoras sobre problemas listados na pergunta nº 8 (pergunta nº 11 do questionário).

Após a análise dos quadros com as informações dos problemas e causas raiz dos problemas listados, segundo a percepção dos respondentes, foi montado o Quadro 4.1 com uma lista das 106 restrições ou problemas organizados em classes de atividades de apoio ao contrato de manutenção.

1- Planejamento da manutenção	E1	Falha de Planejamento da manutenção
	E2	Planejamento inadequado da manutenção
	E3	Inadequação entre a carteira de serviços e o planejamento da manutenção
	E4	Erros de lançamento de dados no programa integrado de manutenção (ERP)
	E5	Falta de planejamento na fase de reparo
	E6	Falha na programação da manutenção
	E7	Plano de manutenção de equipamentos inadequado
	E8	Há equipamentos sem plano de manutenção
2-Processo de aquisição e gestão de estoque dos materiais	E9	Falha na logística de materiais e equipamentos
	E10	Falha no controle de notas fiscais de movimentação dos materiais
	E11	Falha na classificação das peças sobressalentes
	E12	Barreiras burocráticas no processo de aquisição de peças sobressalentes
	E13	Atraso no fornecimento de peças sobressalentes
	E14	Atraso dos fornecedores para fabricação de peças
	E15	Processo de aquisição de sobressalentes baseado no preço
	E16	Política organizacional engessada de aquisição de peças
	E17	Gestão inadequada de aquisição de peças
	E18	Falta de ferramentas de trabalho para a equipe de compras de materiais
	E19	Dificuldade de acesso dos compradores à consulta de catálogos e contato com fornecedores
	E20	Falha no controle de estoque de materiais e equipamentos
	E21	Gestão inadequada de estoques de materiais e equipamentos
	E22	Falha de rastreabilidade de materiais
	E23	Falta de estoque estratégico de peças sobressalentes
	E24	Má conservação e preservação dos materiais e equipamentos armazenados
3-Gestão da qualidade	E25	Falha de inspeção de qualidade nas etapas de manutenção
	E26	Falha do controle de qualidade nas etapas de manutenção
	E27	Falha da garantia da qualidade na etapa de reparo.
	E28	Emissão de relatórios técnicos não conforme aos padrões
	E29	Alta administração não comprometida com a gestão da qualidade da manutenção
	E30	Perda de garantia da qualidade dos serviços de manutenção
	E31	Dificuldade de acesso da equipe as normas técnicas e padrões atualizados
	E32	Retrabalhos nas atividades de manutenção
	E33	Falha na Inspeção de qualidade final
	E34	Sistema ineficaz de garantia da qualidade da manutenção.
4-Execução das etapas	E35	Falha de execução da fase de desmontagem
	E36	Delineamento pobre dos serviços de reparo no RA pós-desmontagem
	E37	Improvisação na execução da desmontagem
	E38	Falta de ferramentas adequadas na desmontagem

(continua)

(continuação)

5-Avaliação e controle da manutenção	E39	Falta de monitoramento e controle do tempo das atividades de manutenção
	E40	Falta de análise e controle de custos das atividades de manutenção
	E41	Falta de metas e índices de controle da manutenção
	E42	Falta sistemática de monitoramento e controle da manutenção.
	E43	Falha no apontamento de horas das atividades de manutenção
6-Política de treinamento da equipe	E44	Falta de treinamento da equipe de qualidade da manutenção
	E45	Falta de treinamento da equipe de materiais
	E46	Falta política de treinamento de pessoal
	E47	Falta de treinamento da equipe de manutenção
	E48	Treinamento inadequado do gestor de manutenção
	E49	Falta de treinamento da equipe de planejamento
7-Comunicação entre áreas da manutenção	E50	Falha de comunicação entre a equipe de manutenção
	E51	Falta de comunicação e integração entre as áreas de apoio da atividade de manutenção.
8-Qualidade da mão de obra	E52	Falta de pessoal qualificado para execução das tarefas de manutenção
	E53	Falha na contratação de pessoal da função manutenção
	E54	Falta de qualificação de pessoal no controle de qualidade
	E55	Escassez de especialistas para as atividades de manutenção de equipamentos submarinos.
	E56	Falta de qualificação dos gestores de manutenção.
9-Padronização da manutenção	E57	Falta de padrões de inspeção de qualidade da manutenção
	E58	Falta padronização na fase de delineamento dos serviços de manutenção pós- desmontagem
	E59	Falta padronização de critério da engenharia na avaliação dos materiais e processos da manutenção
	E60	Falta padronização das atividades de manutenção
	E61	Faltam procedimentos de manutenção adequados e funcionais.
	E62	Falha no processo de revisão de procedimentos.
	E63	Normas aplicáveis não utilizadas no processo de manutenção.
10-Qualidade dos serviços de manutenção	E64	Baixa qualidade dos serviços de reparo
	E65	Baixa qualidade da manutenção.
	E66	Ocorrência de falha de manutenção durante operação do equipamento
	E67	Baixa confiabilidade da manutenção
	E68	Prazos curtíssimos demandados pela operação
	E69	Atraso no prazo de manutenção
	E70	Atraso na etapa de reparo da manutenção
	E71	Relação tempo de reparo x qualidade da manutenção ineficaz
	E72	Aumento dos custos da manutenção
11-Política de desenvolvimento de fornecedores	E73	Falha na contratação dos serviços de manutenção de equipamentos
	E74	Falha no desenvolvimento de fornecedores de serviços da etapa de reparo
	E75	Política inadequada de desenvolvimento de fornecedores
	E76	Contratação inadequada dos serviços terceirizados de manutenção.
	E77	Custo elevado de contratação dos serviços de manutenção
	E78	Falta de avaliação planejada dos fornecedores de serviços de manutenção
	E79	Política de contratação pelo menor preço e não por qualidade dos serviços

(continua)

(continuação)

12-Banco de dados da manutenção	E80	Falta interface entre o banco de dados de fabricação e manutenção.
	E81	Falta de histórico adequado de manutenção dos equipamentos
	E82	Faltam dados da manutenção
	E83	Banco de dados de manutenção desestruturado
13-Gerenciamento da manutenção e políticas de gestão	E84	Falta de área física adequada para execução da fase de testes da manutenção.
	E85	Espaço físico inadequado para as atividades especializadas de manutenção.
	E86	Falta de exigência ao cumprimento do contrato de manutenção
	E87	Falta de aplicação do contrato de manutenção na sua totalidade.
	E88	Gerenciamento inadequado do contrato de manutenção
	E89	Falta de exigência no cumprimento das normas e procedimentos da atividade de manutenção.
	E90	Falha na elaboração do contrato de manutenção
	E91	Falta de política de manutenção preditiva
	E92	Falta de política de engenharia de manutenção
	E93	Falhas na aplicação das políticas de manutenção
	E94	Falta de plano de contingência da manutenção
	E95	Gestão da manutenção inadequada
	E96	Falha na contratação de serviços de manutenção
	E97	Dificuldade no gerenciamento dos contratos de manutenção.
	E98	Gestão da manutenção sem foco na melhoria continua dos processos de manutenção.
	E99	Falta de cumprimento das normas e padrões técnicos e contratuais de manutenção.
	E100	Falta de sistema de gerenciamento de manutenção integrado e informatizado adequado ao contrato de manutenção
E101	Falta de estrutura organizacional para execução do contrato de manutenção	
E102	Falha na definição dos processos de manutenção	
E103	Excesso de padrões e procedimentos para cumprimento dos contratos de manutenção	
E104	Burocracia excessiva nos contratos de manutenção.	
E105	Falta de mapeamento dos processos de manutenção.	
E106	A função manutenção não é vista como função estratégica organizacional	

Quadro 4.1 – Lista de problemas organizados em classes de atividades de apoio à gestão da manutenção de equipamentos submarinos

Fonte: Elaborada pelo autor.

A partir do Quadro 4.2, a construção da ARA foi estruturada em folhas de papel A3 para facilitar a visualização e análise do diagrama em função da grande quantidade de relacionamentos de causa e efeito gerados entre as restrições. A construção da ARA foi realizada segundo os passos estruturados propostos por Goldratt e Cox (1992). Após a construção do diagrama e as relações de causa e efeito, obteve-se a ARA estruturada, bem como as causas raiz das restrições.

Durante a análise da ARA estruturada foi verificado que havia necessidade de condensar alguns problemas e eliminar outros redundantes. Como exemplo, os seguintes problemas que foram condensados em um só efeito indesejável: E-48 Treinamento inadequado do gestor de manutenção; E-49 Falta treinamento da equipe de planejamento e controle da manutenção; E-45 Falta treinamento da equipe de gestão de materiais; E-47 Falta treinamento da equipe de execução da manutenção; e E-44 Falta treinamento da equipe de qualidade. Todos os problemas citados foram condensados no EI-46 Falta política adequada de treinamento do pessoal de execução, apoio e gestão da manutenção. O Quadro 4.2 ilustra os efeitos indesejáveis, os efeitos intermediários e as causas raiz encontradas após análise da ARA estruturada.

A-Planejamento da manutenção	EI-2	Planejamento inadequado da manutenção
	E3	Inadequação entre a carteira de serviços e o planejamento da manutenção
	E4	Erros de lançamento de dados no programa integrado de manutenção (ERP)
	E5	Falta de planejamento na fase de reparo
	E6	Falha na programação da manutenção
	E7	Plano de manutenção de equipamentos inadequado
	E8	Há equipamentos sem plano de manutenção
	B-Processo de aquisição e gestão de estoque dos materiais e equipamentos	E9
E10		Falha no controle de notas fiscais de movimentação dos materiais
E11		Falha na classificação das peças sobressalentes
E12		Barreiras burocráticas no processo de aquisição de peças sobressalentes
E13		Atraso no fornecimento de peças sobressalentes
E14		Atraso dos fornecedores para fabricação de peças
E15		Processo de aquisição de sobressalentes baseado no preço
E16		Política organizacional engessada de aquisição de peças
EI-17		Gestão inadequada de aquisição de peças
E18		Falta de ferramentas de trabalho para a equipe de compras de materiais
E19		Dificuldade de acesso dos compradores à consulta de catálogos e contato com fornecedores.
E20		Falha no controle de estoque de materiais e equipamentos
E21		Gestão inadequada de estoques de materiais e equipamentos
E22		Falha de rastreabilidade de materiais
E23		Falta de estoque estratégico de peças sobressalentes
E24		Má conservação e preservação dos materiais e equipamentos armazenados

(continua)

(continuação)

C-Gestão da qualidade	EI-25	Falha de inspeção de qualidade nas etapas de manutenção
	EI-26	Falha do controle de qualidade nas etapas de manutenção
	E28	Emissão de relatórios técnicos não conforme aos padrões
	E29	Alta administração não comprometida com a gestão da qualidade da manutenção
	E30	Perda de garantia da qualidade dos serviços de manutenção
	E31	Dificuldade de acesso da equipe as normas técnicas e padrões atualizados
	E32	Retrabalhos nas atividades de manutenção
	E33	Falha na Inspeção de qualidade final
	E34	Sistema ineficaz de garantia da qualidade da manutenção.
D-Execução das etapas da manutenção	E35	Falha de execução da fase de desmontagem
	E36	Delineamento pobre da engenharia dos serviços de reparo no RA pós-desmontagem
	E38	Falta de ferramentas adequadas na desmontagem e montagem
E-Monitoramento e Controle da manutenção	E39	Falta de monitoramento e controle do tempo das atividades de manutenção
	E40	Falha de análise e controle de custos das atividades de manutenção
	E41	Falta de metas de controle dos índices da manutenção
	E42	Falta sistemática de monitoramento e controle dos índices da manutenção.
	E43	Falha no apontamento de horas das atividades de manutenção
H-Qualidade da mão de obra	EI-46	Falta política adequada de treinamento de pessoal
	EI-52	Falta de pessoal qualificado para execução das tarefas de manutenção
	E53	Falha na contratação de pessoal da função manutenção
	E55	Escassez de especialistas para as atividades de manutenção de equipamentos submarinos.
I-Padronização da manutenção	E57	Falta de padrões de inspeção de qualidade da manutenção
	E58	Falta padronização na fase de delineamento dos serviços de manutenção pós- desmontagem
	E59	Falta padronização de critério da engenharia no delineamento dos serviços de reparo
	EI-60	Falta padronização das atividades de manutenção
	E61	Faltam procedimentos de manutenção adequados e funcionais.
	E62	Falha no processo de revisão de procedimentos.
	E63	Normas aplicáveis não utilizadas no processo de manutenção.
J-Qualidade dos serviços de manutenção	E64	Baixa qualidade dos serviços de reparo
	E65	Baixa qualidade da manutenção.
	E66	Ocorrência de falha de manutenção durante operação do equipamento
	E67	Baixa confiabilidade da manutenção
	E69	Atraso no prazo de manutenção
	EI-70	Atraso na etapa de reparo da manutenção
	E71	Relação tempo de reparo x qualidade da manutenção ineficaz.
	E72	Aumento dos custos da manutenção

(continua)

(continuação)

L-Política de desenvolvimento de fornecedores	EI-73	Falha na contratação dos serviços de manutenção de equipamentos submarinos
	EI-74	Falha no desenvolvimento de fornecedores de serviços da etapa de reparo
	E75	Política inadequada de desenvolvimento de fornecedores de equipamentos e serviços de manutenção
	E77	Custo elevado de contratação dos serviços de manutenção
	E78	Falta de avaliação planejada dos fornecedores de serviços de manutenção
	E79	Política de contratação pelo menor preço e não pela qualidade dos serviços prestados de manutenção.
N-Política de gestão da manutenção	E80	Falta interface entre o banco de dados de fabricação e manutenção.
	E81	Falta de histórico adequado de manutenção dos equipamentos
	E83	Banco de dados de manutenção desestruturado
	E85	Espaço físico inadequado para as atividades especializadas de manutenção.
	E86	Falta cumprimento do contrato de manutenção na sua totalidade
	E88	Gerenciamento inadequado do contrato de manutenção
	E89	Falta cumprimento das normas e padrões exigidos no contrato de manutenção
	E90	Falha na elaboração do contrato de manutenção
	E93	Falhas na aplicação das políticas de manutenção preditiva e engenharia de manutenção
	E94	Falta de plano de contingência da manutenção
	EI-95	Gestão da manutenção inadequada
	E97	Dificuldade no gerenciamento dos contratos de manutenção.
	E100	Falta de sistema de gerenciamento de manutenção integrado e informatizado adequado ao contrato de manutenção
	E101	Falta de estrutura organizacional para execução do contrato de manutenção
	E102	Falha na definição e mapeamento dos processos de manutenção
E103	Excesso de padrões e procedimentos para cumprimento dos contratos de manutenção	
E104	Burocracia excessiva nos contratos de manutenção.	
E106	A função manutenção não é vista como função estratégica organizacional.	

Quadro 4.2 – Efeitos indesejáveis e causas raízes dos problemas do processo de gestão de manutenção de equipamentos submarinos

Fonte: Elaborado pelo autor.

LEGENDA:

	Efeitos indesejáveis
	Causas fundamentais dos problemas
	Efeitos intermediários

A partir da ARA estruturada, originaram-se quatro ARA's ilustradas nas Figuras 4.4 a 4.7, porém conectadas uma a outra: ARA-1 Restrições relativas ao planejamento e programação da manutenção e à política de gestão; ARA-2

Restrições relativas à avaliação e controle e à qualidade dos serviços da manutenção; ARA-3 Restrições relativas à gestão da qualidade da manutenção; e ARA-4 Restrições relativas ao processo de aquisição e à gestão de estoques de materiais.

Conforme recomenda Goldratt e Cox (1992), a leitura das ARA's são realizadas de baixo para cima usando a chave lógica Se...então. Dessa forma, a leitura da ARA-1 é apresentada a seguir:

- **Se** E-106 a manutenção não é vista como função estratégica organizacional, **então** há E-90 falha na elaboração do contrato de manutenção, há E-88 gerenciamento inadequado do contrato de manutenção, há AA falta de programa de capacitação e formação de especialistas de manutenção de equipamentos submarinos, e há E-53 falha na contratação do pessoal da função manutenção.
- **Se** há E-88 gerenciamento inadequado do contrato de manutenção, **então** há EI-95 gestão da manutenção inadequada, E-86 descumprimento do contrato de manutenção e também ligado na ARA-4 há E-21 gestão inadequada de estoques de materiais e equipamentos.
- **Se** existe E-90 falha na elaboração do contrato de manutenção, **então** há E-104 burocracia excessiva no contrato de manutenção.
- **Se** há E-104 burocracia excessiva no contrato de manutenção, **então** ocorre E-103 excesso de padrões e procedimentos para cumprimento do contrato.
- **Se** há E-103 excesso de padrões e procedimentos para cumprimento do contrato, E-86 descumprimento do contrato de manutenção, e E-88 gerenciamento inadequado do contrato de manutenção, **então** há E-89 descumprimento das normas e padrões exigidos no contrato de manutenção.
- **Se** há EI-95 Gestão da manutenção inadequada, **então** há E-94 falta de plano de contingência da manutenção, E-102 falha na definição e

mapeamento dos processos de manutenção, E-93 falta de aplicação das políticas de manutenção preditiva e de engenharia da manutenção, e E-100 falta de sistema de gerenciamento da manutenção integrado e informatizado adequado ao contrato.

- **Se** há AA falta de programa de capacitação e formação de especialistas de manutenção de equipamentos submarinos, **então** EI-46 falta política adequada de treinamento de pessoal de execução, apoio e gestão da manutenção e há E-55 escassez de especialistas para as atividades de manutenção de equipamentos submarinos.
- **Se** E-100 falta sistema de gerenciamento da manutenção integrado e informatizado adequado ao contrato, **então** E-93 falta aplicação das políticas de manutenção preditiva e de engenharia da manutenção, e ligado a ARA-2 há também E-80 falta de interface entre o banco de dados de manutenção e fabricação.
- **Se** EI-46 falta política adequada de treinamento de pessoal de execução, apoio e gestão da manutenção, E-53 falha na contratação do pessoal da função manutenção e E-55 escassez de especialistas para as atividades de manutenção de equipamentos submarinos, **então** há E-52 falta de pessoal qualificado para execução, apoio e gestão da manutenção.
- **Se** há E-53 falha na contratação do pessoal da função manutenção, **então** há E-101 falta de estrutura organizacional para execução do contrato.
- **Se** há E-101 falta de estrutura organizacional para execução do contrato de manutenção e E-88 gerenciamento inadequado do contrato de manutenção, **então** há E-97 dificuldade para o gerenciamento do contrato de manutenção.
- **Se** E-101 falta de estrutura organizacional para execução do contrato de manutenção, **então** há E-85 falta de espaço físico adequado para as atividades de manutenção.

- **Se** EI-46 falta política adequada de treinamento de pessoal de execução, apoio e gestão da manutenção, **então** há EI-2 planejamento inadequado da manutenção e ligado a ARA-4 há E-22 falha de rastreabilidade de materiais.
- **Se** há EI-2 planejamento inadequado da manutenção, **então** há E-94 falta de plano de contingência da manutenção, E-3 inadequação entre a carteira de serviços e o planejamento da manutenção, E-7 plano de manutenção inadequado, E-5 planejamento inadequado na fase de reparo e E-8 equipamentos sem plano de manutenção.
- **Se** há E-6 falha na programação da manutenção e EI-2 planejamento inadequado da manutenção, **então** há E-4 erros de lançamentos de dados no ERP.
- **Se** há E-4 erros de lançamentos de dados no ERP e E-100 falta sistema de gerenciamento da manutenção integrado e informatizado adequado ao contrato, **então**, conectado na ARA-2 há E-83 banco de dados de manutenção desestruturado.
- **Se** na ARA-2 há EI-73 falha na gestão de contratação de serviços de manutenção, **então** há E-89 descumprimento das normas e padrões exigidos no contrato de manutenção e E-101 falta de estrutura organizacional para execução do contrato de manutenção.

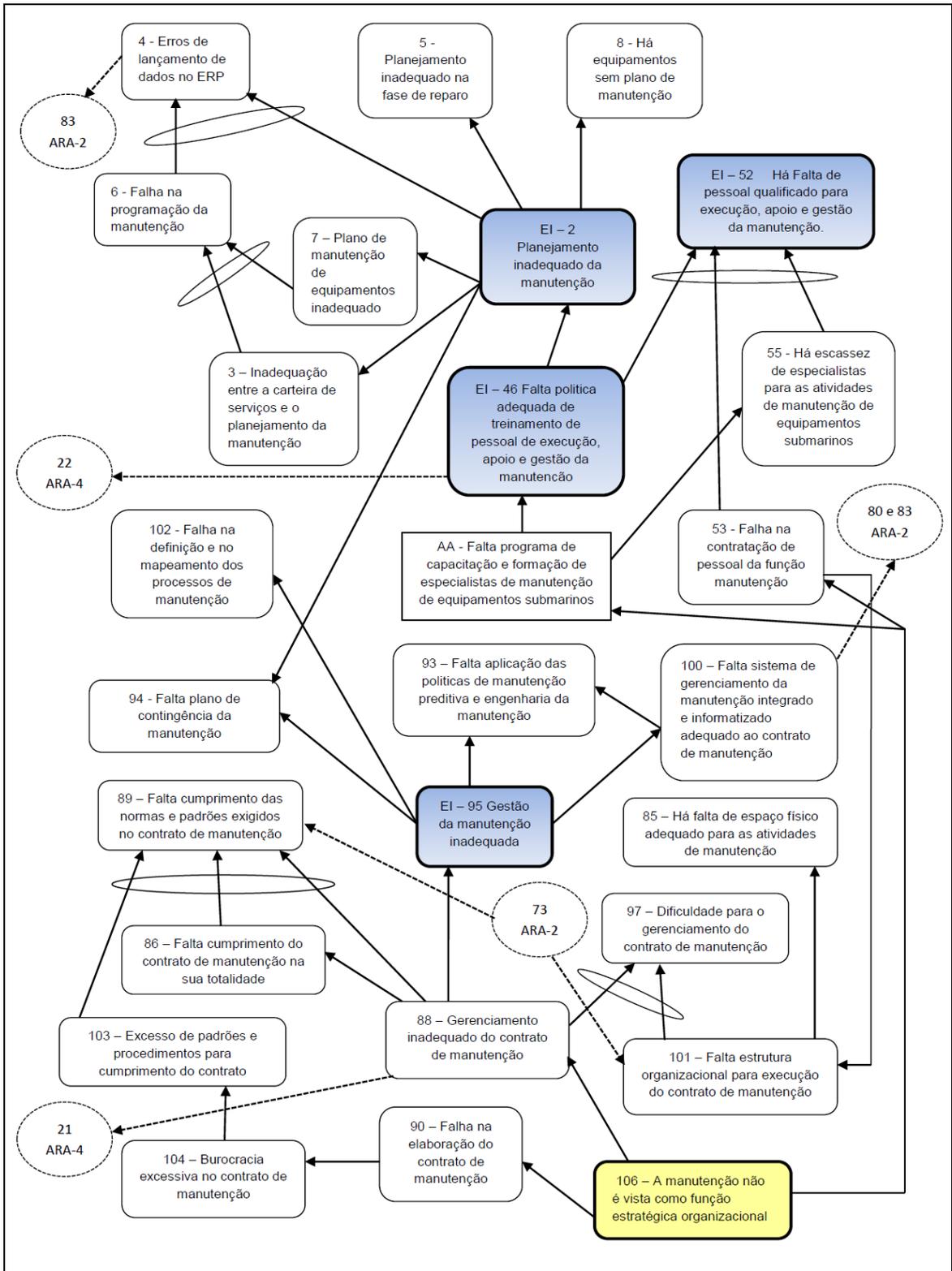


Figura 4.4: ARA 1 - Restrições relativas ao planejamento e programação e à política de gestão do processo de manutenção de equipamentos submarinos
 Fonte: Elaborado pelo autor.

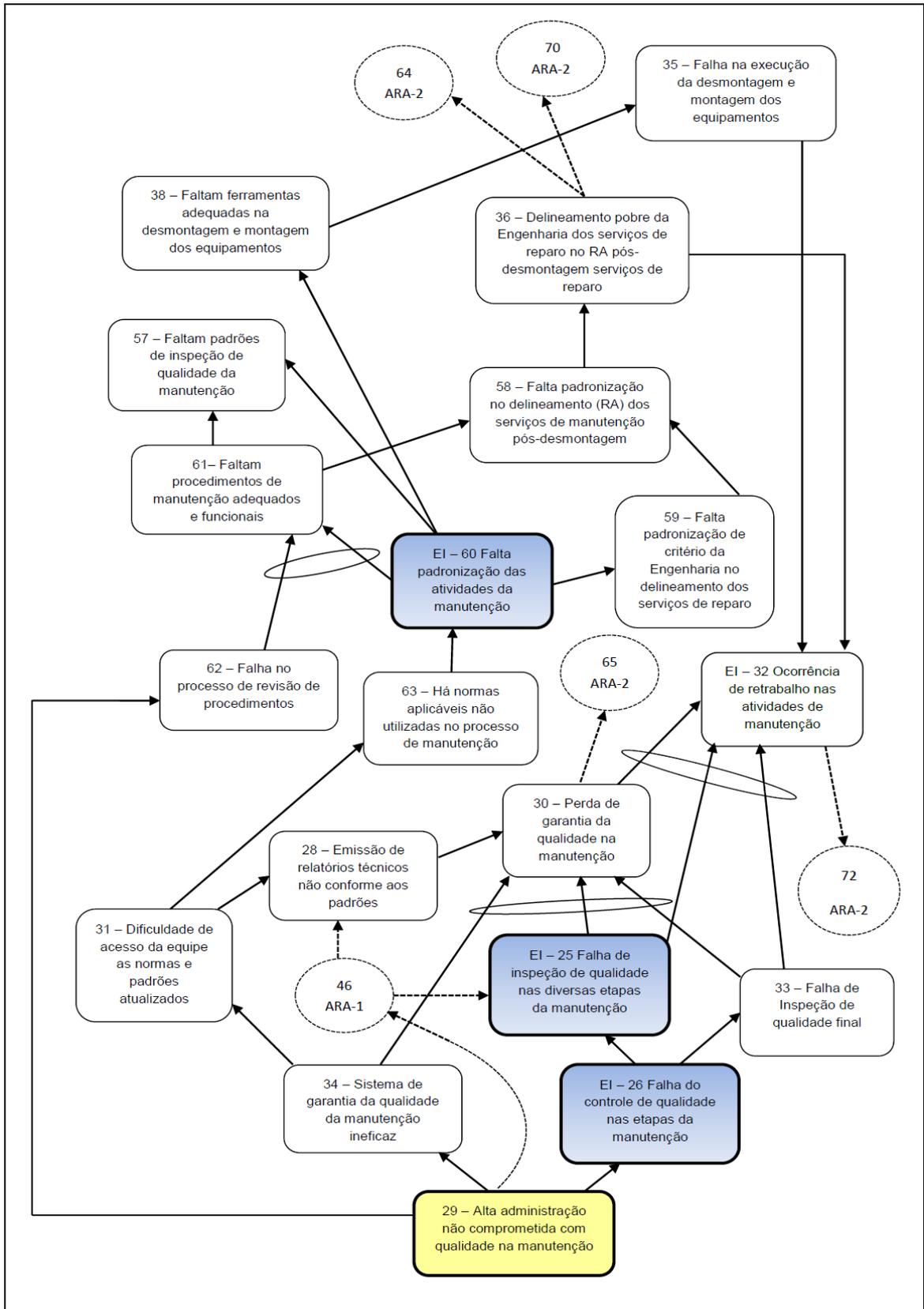


Figura 4.6: ARA 3 - Restrições relativas à gestão da qualidade da manutenção de equipamentos submarinos

Fonte: Elaborado pelo autor.

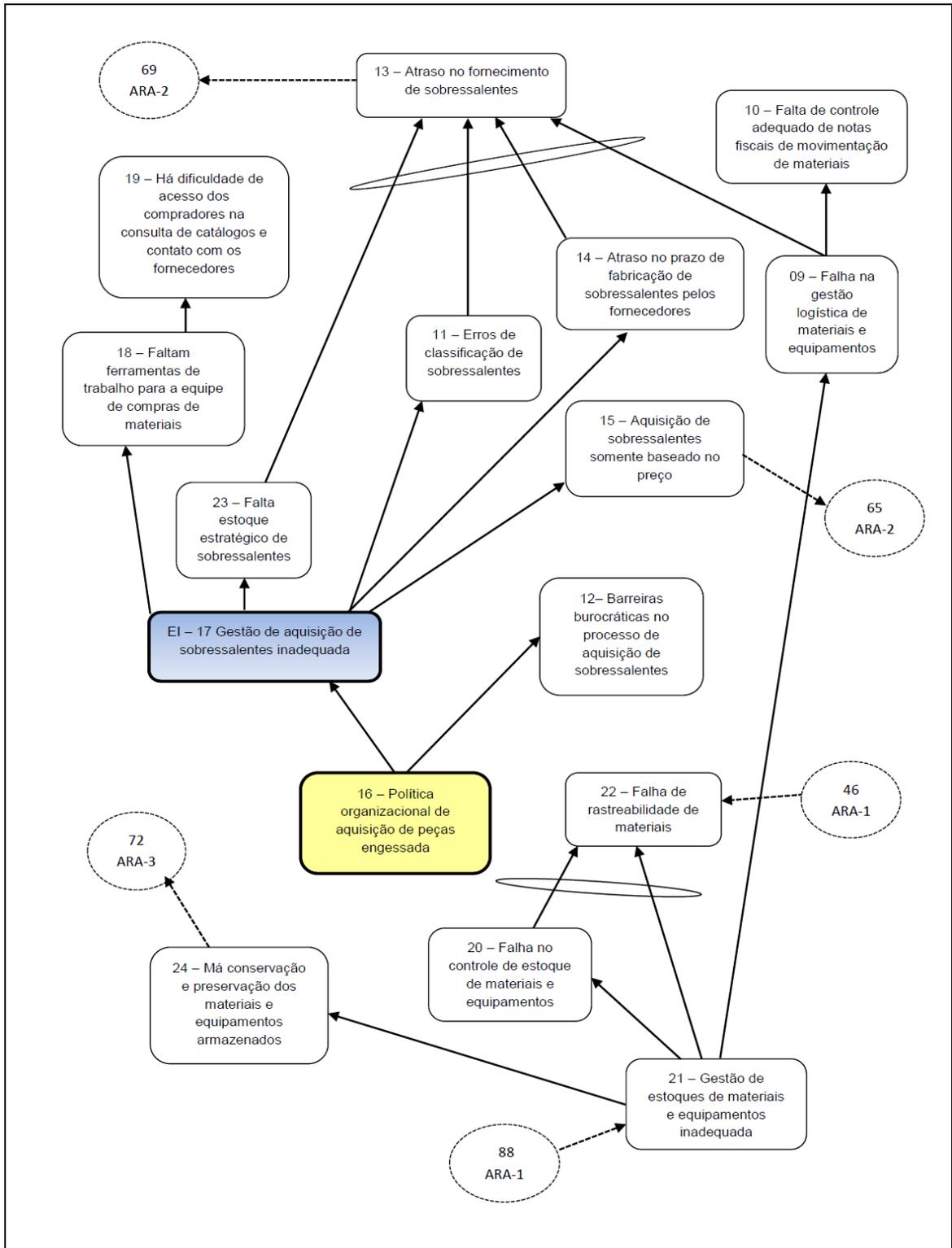


Figura 4.7: ARA 4 - Restrições relativas ao processo de aquisição e a gestão de estoque de materiais de equipamentos submarinos

Fonte: Elaborado pelo autor.

As demais árvores lógicas de realidade atual são lidas usando o mesmo método apresentado na ARA-1, e considerando a facilidade de interpretação do

diagrama lógico por meio da visualização da figura 4.4, não são demonstradas as leituras das outras ARA's geradas no processo.

Por intermédio da aplicação da ferramenta ARA foi descoberto quatro causas raiz dos problemas listados: E-16 Política organizacional engessada de aquisição de peças; E29 Alta administração não comprometida com a gestão da qualidade da manutenção; E75 Política inadequada de desenvolvimento de fornecedores de equipamentos e serviços de manutenção; e E106 A função manutenção não é vista como função estratégica organizacional.

A partir das causas fundamentais, o próximo passo é encontrar as ideias ou soluções para eliminá-las por intermédio da ferramenta ARF.

4.7.2 Descobrimo a ideia para solucionar o problema

Após a definição do objetivo no processo de resolução de problemas ou quais problemas focar, a ferramenta ARF busca desenvolver uma solução potencial por meio da escolha de um conjunto de ideias para análise. Basicamente, assim como a ARA, o diagrama de árvore lógica ARF também descreve uma relação de causa e efeito. Todavia, os efeitos indesejáveis (EI's) são transformados em efeitos desejáveis (ED's). Obviamente, se os ED's forem atingidos, os EI's serão eliminados e as causas raiz dos problemas, solucionadas.

A interpretação do diagrama da árvore lógica ARF segue a mesma linha de raciocínio da ARA. A seguir são apresentadas, por meio das Figuras 4.8 a 4.11, as quatro ARF's geradas, num processo semelhante à construção da ARA estruturada.

Após a ARF estruturada visualizada por meio das quatro ARF's construídas, encontram-se quatro ideias chave que se potencialmente aplicadas eliminarão as causas fundamentais da gestão de manutenção pesquisada no presente trabalho. As quatro ideias chave são apresentadas a seguir: (1) Inserir a função manutenção na estratégia da organização e torná-la visível como função estratégica organizacional de alta importância; (2) Possuir uma política adequada de desenvolvimento de fornecedores de equipamentos e serviços de manutenção; (3) Obter uma alta administração comprometida com a qualidade no processo de manutenção; (4) Possuir uma política organizacional de aquisição de peças e materiais mais flexível para atender a demanda com mais agilidade.

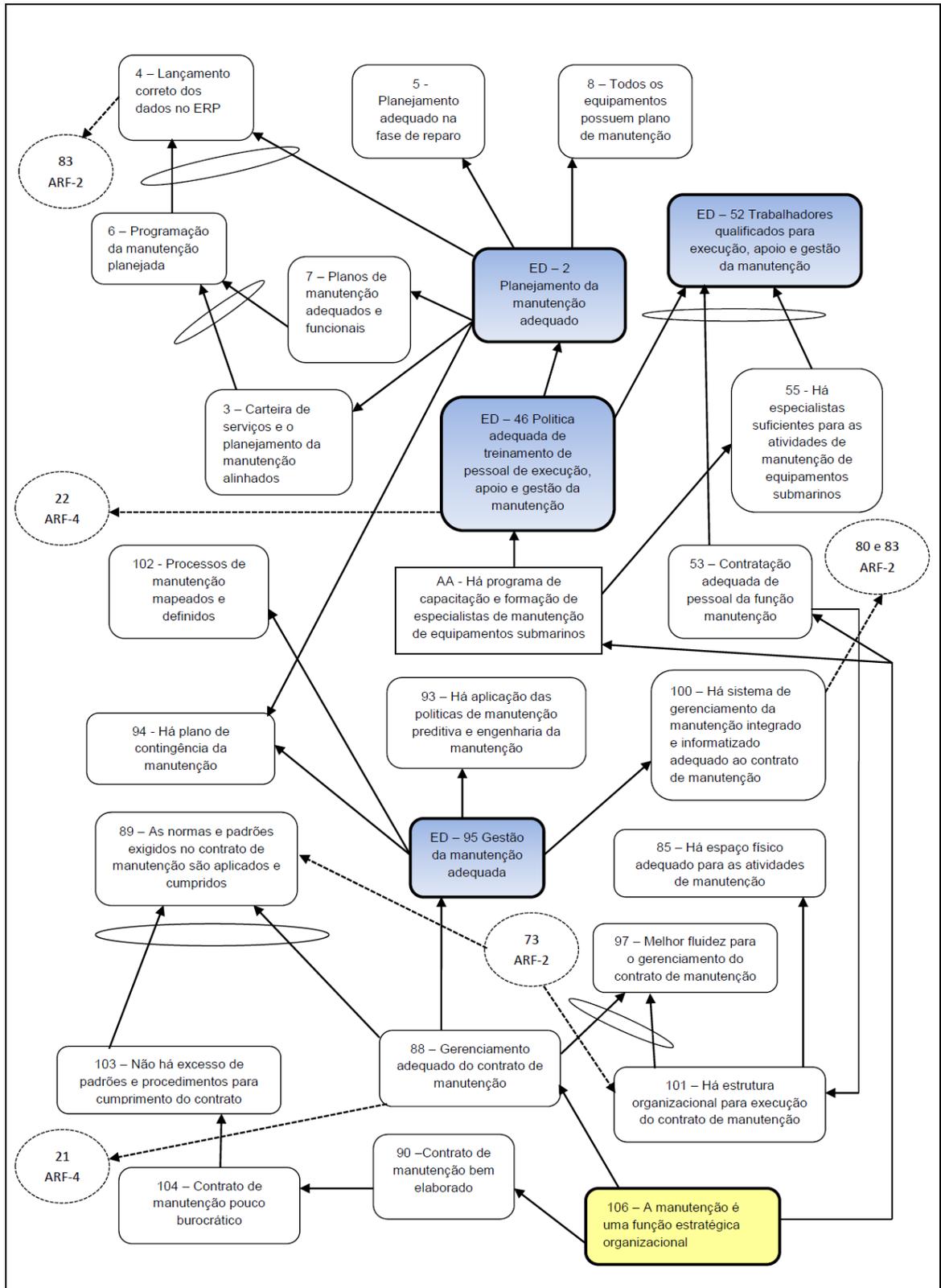


Figura 4.8: ARF 1 – Efeitos desejáveis relativos ao planejamento e programação e à política de gestão do processo de manutenção de equipamentos submarinos
 Fonte: Elaborado pelo autor

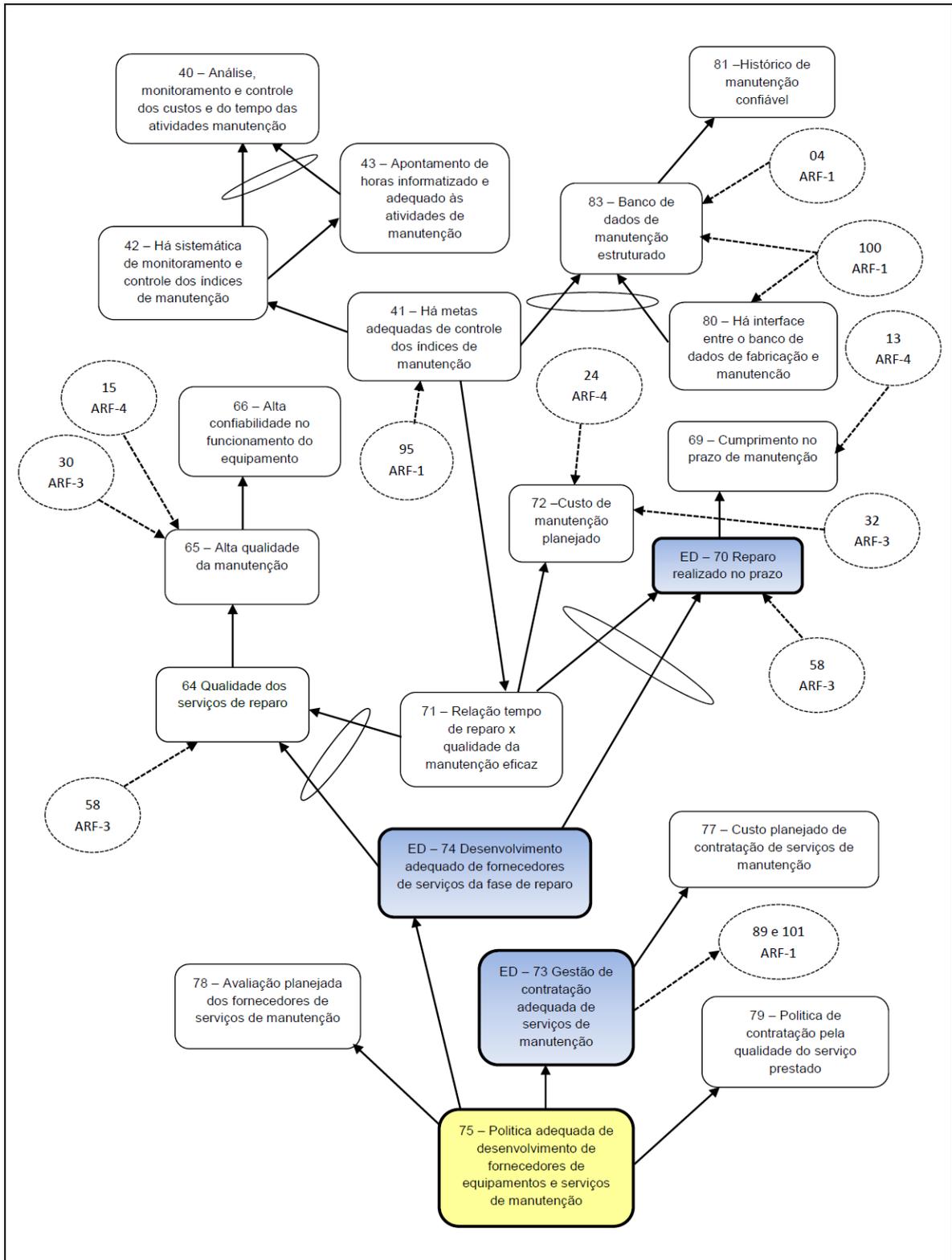


Figura 4.9: ARF 2 – Efeitos desejáveis relativos à avaliação e controle e à qualidade dos serviços do processo de manutenção de equipamentos submarinos

Fonte: Elaborado pelo autor.

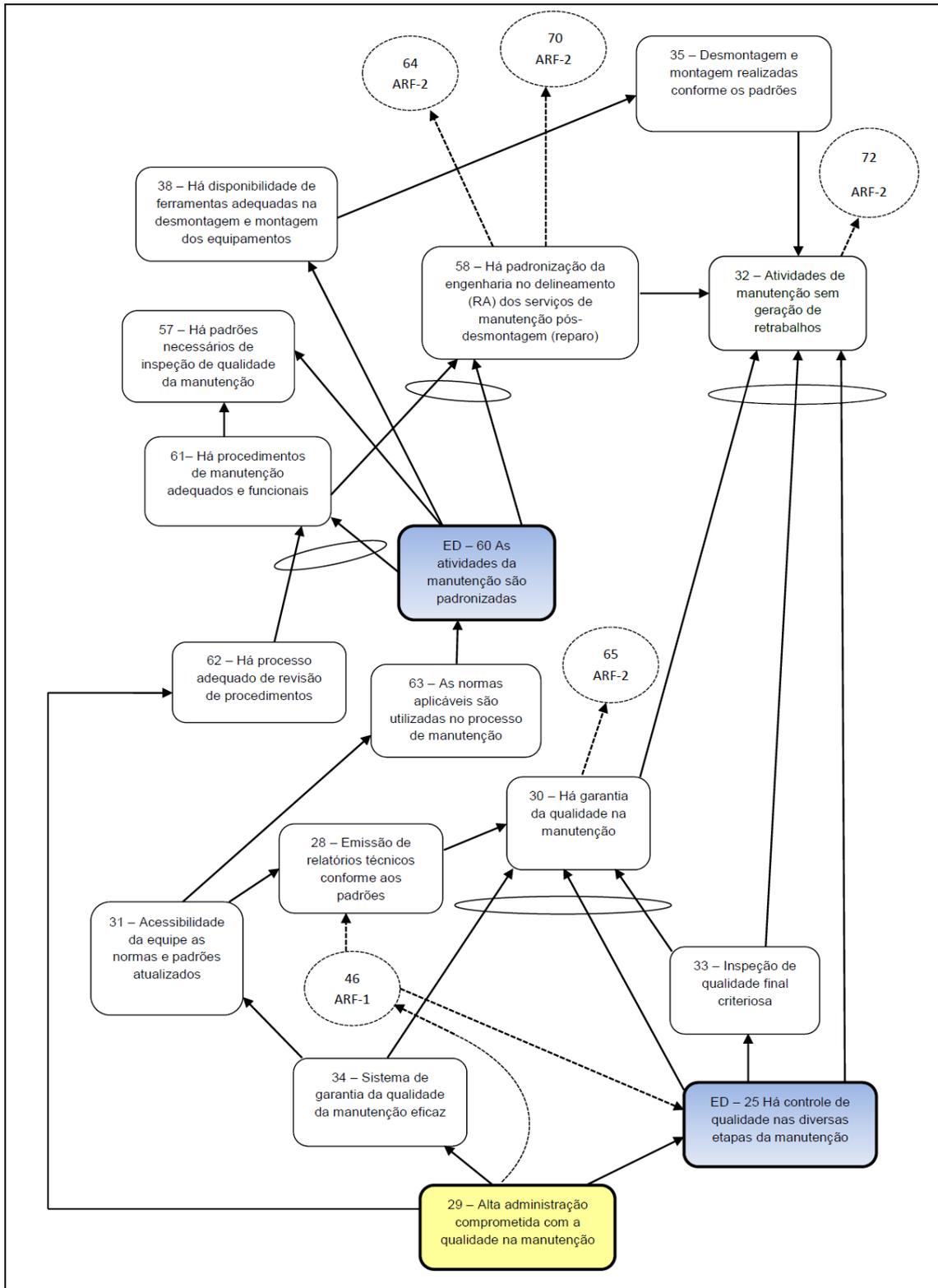


Figura 4.10: ARF 3 – Efeitos desejáveis sobre a gestão da qualidade da manutenção de equipamentos submarinos

Fonte: Elaborado pelo autor.

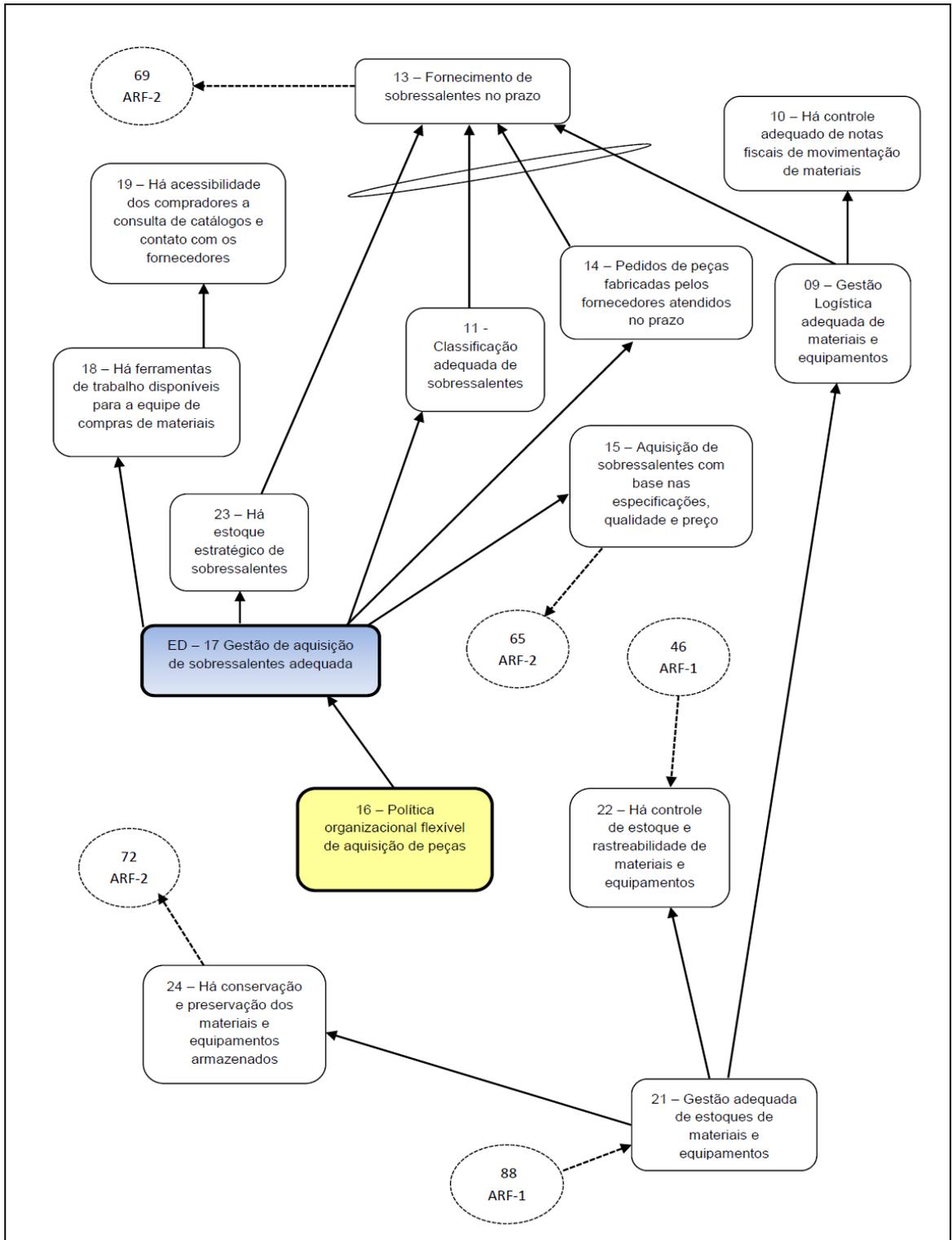


Figura 4.11: ARF 4 – Efeitos desejáveis do processo de aquisição e a gestão de estoque de materiais de equipamentos submarinos

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.7.3 Descobrimos os obstáculos que impedem a solução

O conjunto de idéias geradas por meio da ARF, como solução para os problemas cerne possui natureza preliminar. Pode haver problemas potenciais que impedem a aplicação efetiva das idéias encontradas. Então, para descobrir os obstáculos escondidos que impedem as ocorrências dos ED's, e conseqüentemente a solução dos problemas fundamentais, a Árvore de Pré Requisitos (APR) é construída com o objetivo de mapear os obstáculos ocultos na ARF estruturada. O *gap* entre o objetivo a atingir e a ação que efetivamente resolverá o problema é uma ponte que contém uma série de objetivos intermediários (OI's).

Com base no diagrama da ARF, a APR é construída, ilustrada por intermédio das Figuras 4.12 a 4.16. Para auxiliar a construção da APR, assim como realizado na montagem da ARA e ARF, foi necessária a utilização de folhas de papel A3 para facilitar a visualização dos obstáculos inseridos entre os OI's, originados dos ED's da ARF.

Como resultado da construção dos diagramas das árvores de pré-requisitos, foram identificados 33 obstáculos visualizados por meio de hexágonos que impedem o alcance dos OI's e conseqüentemente, as quatro ideias-chave oriundas da ARF.

Para elucidar o entendimento sobre a leitura e interpretação da APR, segue um exemplo relativo à ideia fundamental a atingir "106 – A função manutenção é uma estratégia da organização visível e de alta importância". Para que a ideia chave possa ser atingida os OI's "88 – Gerenciamento adequado do contrato de manutenção" e "97 – Ocorrência do gerenciamento do contrato de manutenção com mais fluidez" devem ser realizados. Todavia, existem obstáculos que impedem que tais OI's sejam atingidos. Um dos obstáculos, ilustrado no hexágono da Figura 5.10, e que impede a ocorrência do OI 88, é a falta de gestor de contrato de manutenção qualificado no mercado. As APR's 1 e 2 geradas possuem 10 obstáculos que impedem a realização dos OIs e, conseqüentemente o atingimento da ideia fundamental 106. A interpretação da APR completa segue a mesma linha de raciocínio do exemplo apresentado, por meio da visualização dos diagramas.

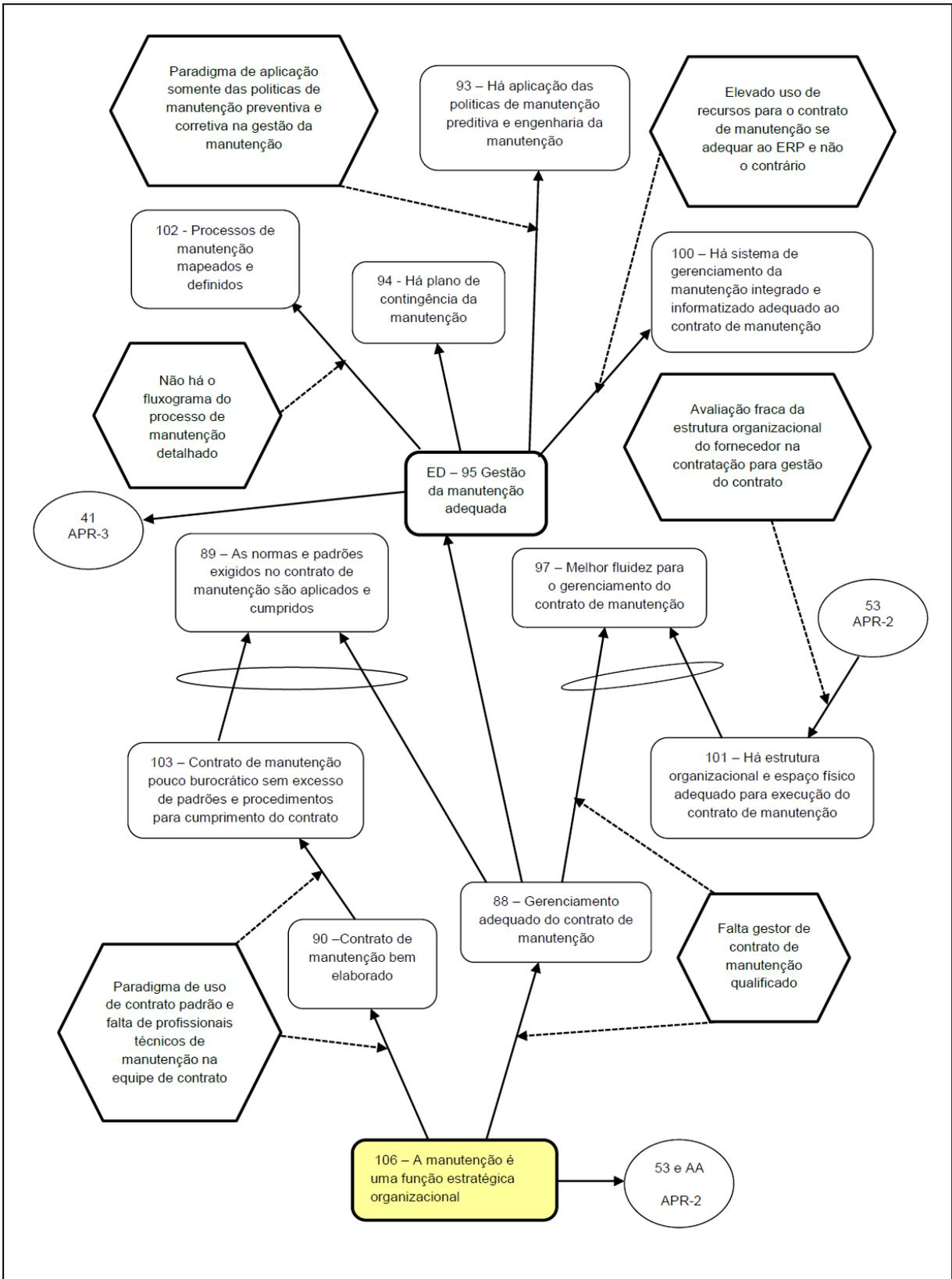


Figura 4.12: APR 1 – Obstáculos relativos à política de gestão manutenção
 Fonte: Elaborado pelo autor.

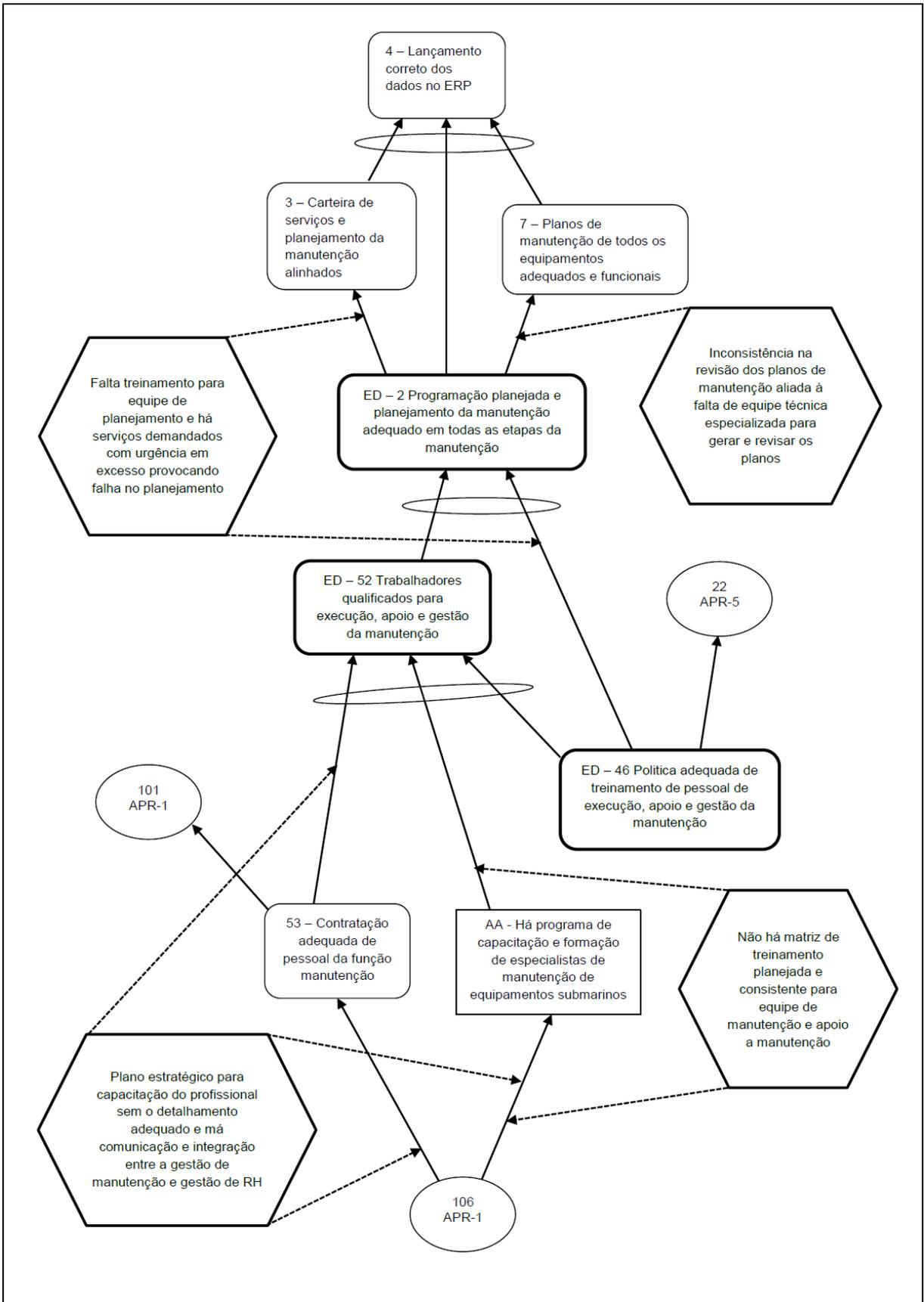


Figura 4.13: APR 2 – Obstáculos relativos ao treinamento e o planejamento da manutenção
 Fonte: Elaborado pelo autor.

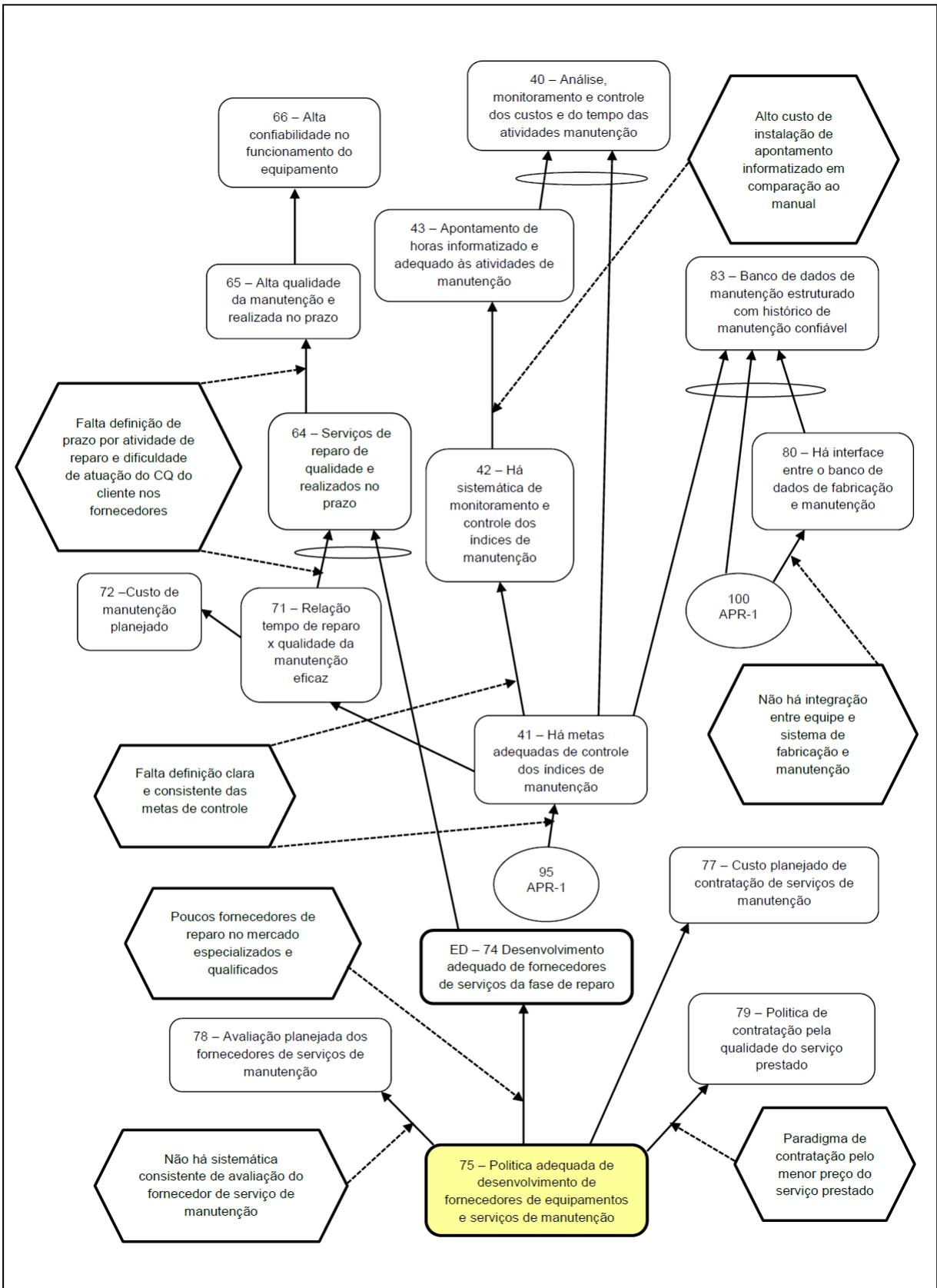


Figura 4.14: APR 3 – Obstáculos relativos à avaliação e controle e à qualidade
 Fonte: Elaborado pelo autor.

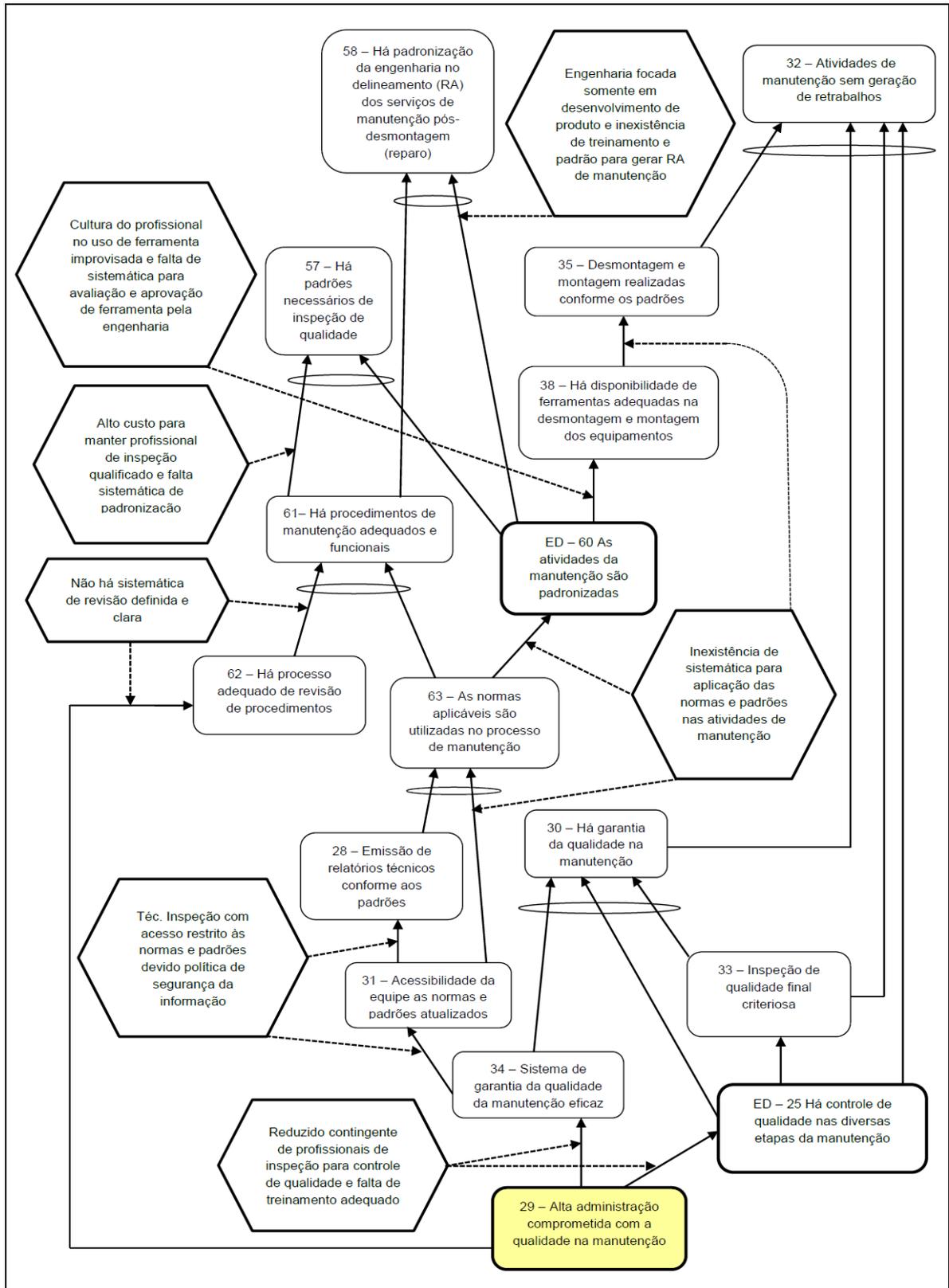


Figura 4.15: APR 4 – Obstáculos relativos à gestão da qualidade da manutenção
 Fonte: Elaborado pelo autor.

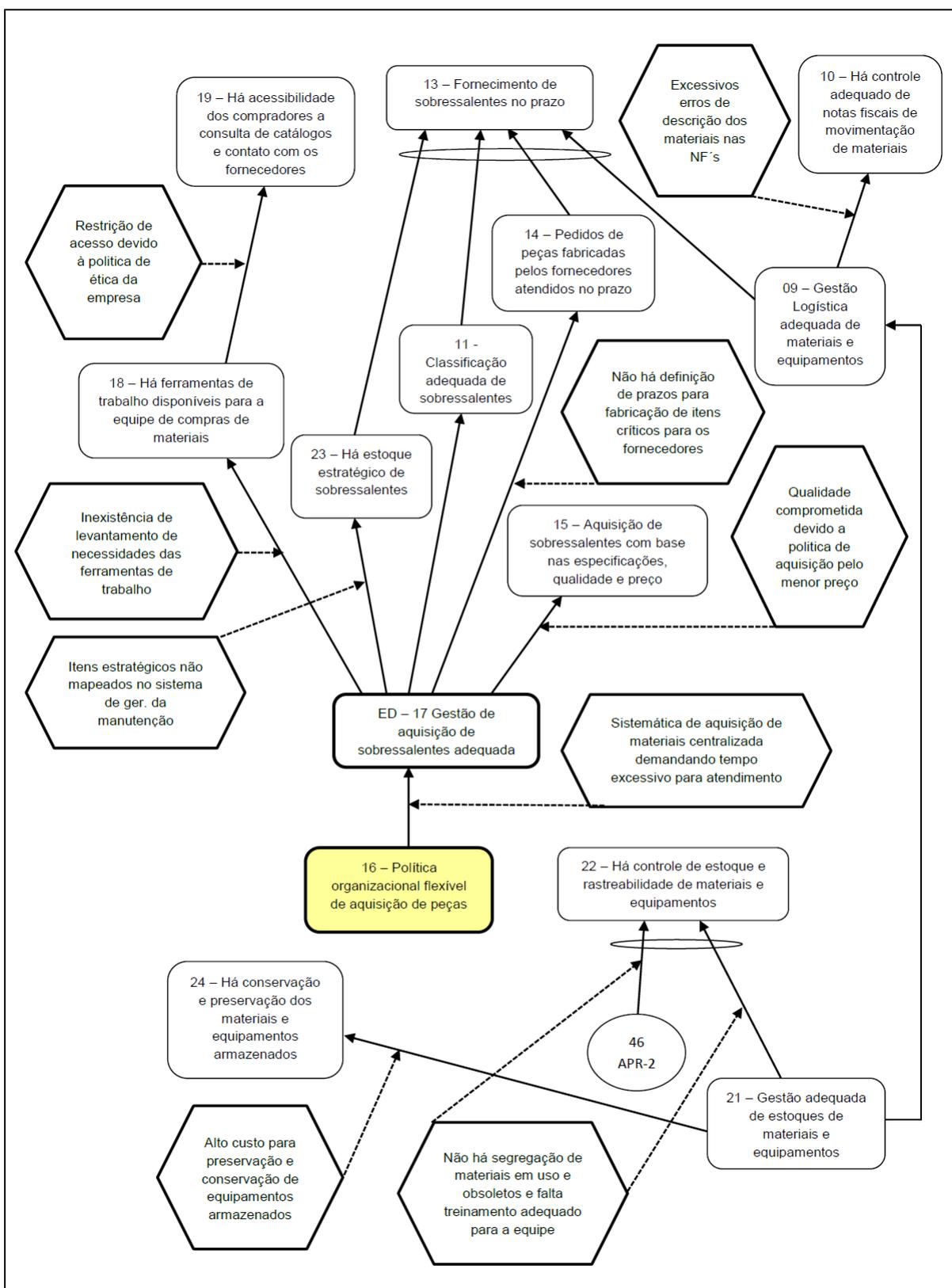


Figura 4.16: APR 5 – Obstáculos relativos ao processo de aquisição e a gestão de estoque
 Fonte: Elaborado pelo autor.

4.7.4 Encontrando a solução

Após a identificação dos objetivos intermediários e dos obstáculos, é preciso desenvolver um esquema para encontrar a solução. Para que a solução seja alcançada são necessárias duas questões distintas: (i) desenvolver ações para que os objetivos intermediários, e conseqüentemente os objetivos fundamentais sejam alcançados; e (ii) aplicar as ações formuladas para que os obstáculos sejam removidos.

Para tratar essas questões, a ferramenta da TOC denominada Árvore de Transição (AT) é construída com base no diagrama APR. As Figuras 4.17 a 4.21 ilustram a AT estruturada. Por intermédio de um retângulo com linhas pontilhadas, as ações propostas são apresentadas, e se efetivamente aplicadas, podem atingir os objetivos fundamentais, quebrando os obstáculos, alcançando os OI's e solucionando os problemas fundamentais. O Quadro com as 69 ações propostas geradas, é ilustrado no Apêndice G.

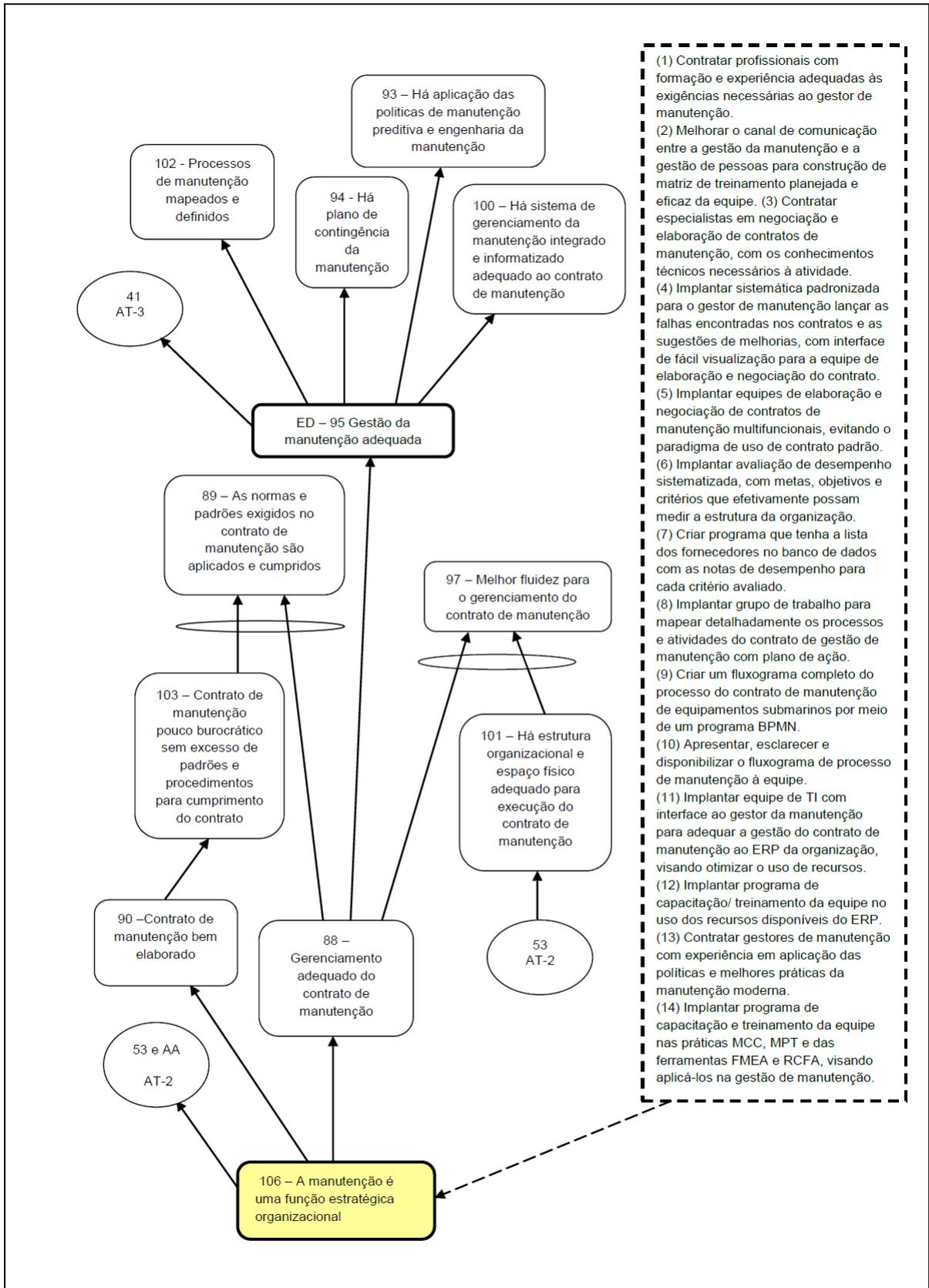


Figura 4.17: AT 1 – Ações relativas ao objetivo 106

Fonte: Elaborado pelo autor.

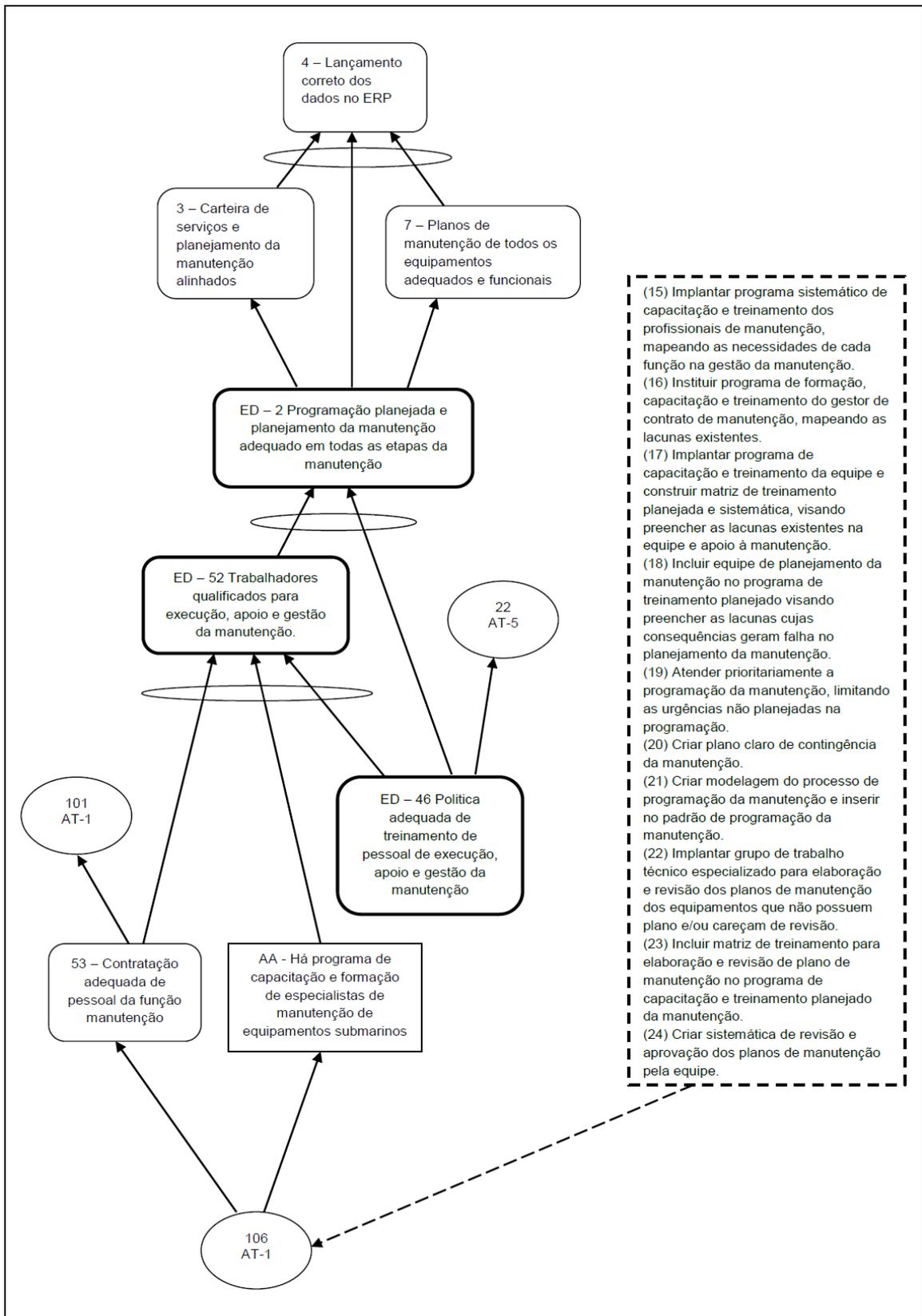


Figura 4.18: AT 2 – Continuação das ações relativas ao objetivo 106
 Fonte: Elaborado pelo autor.

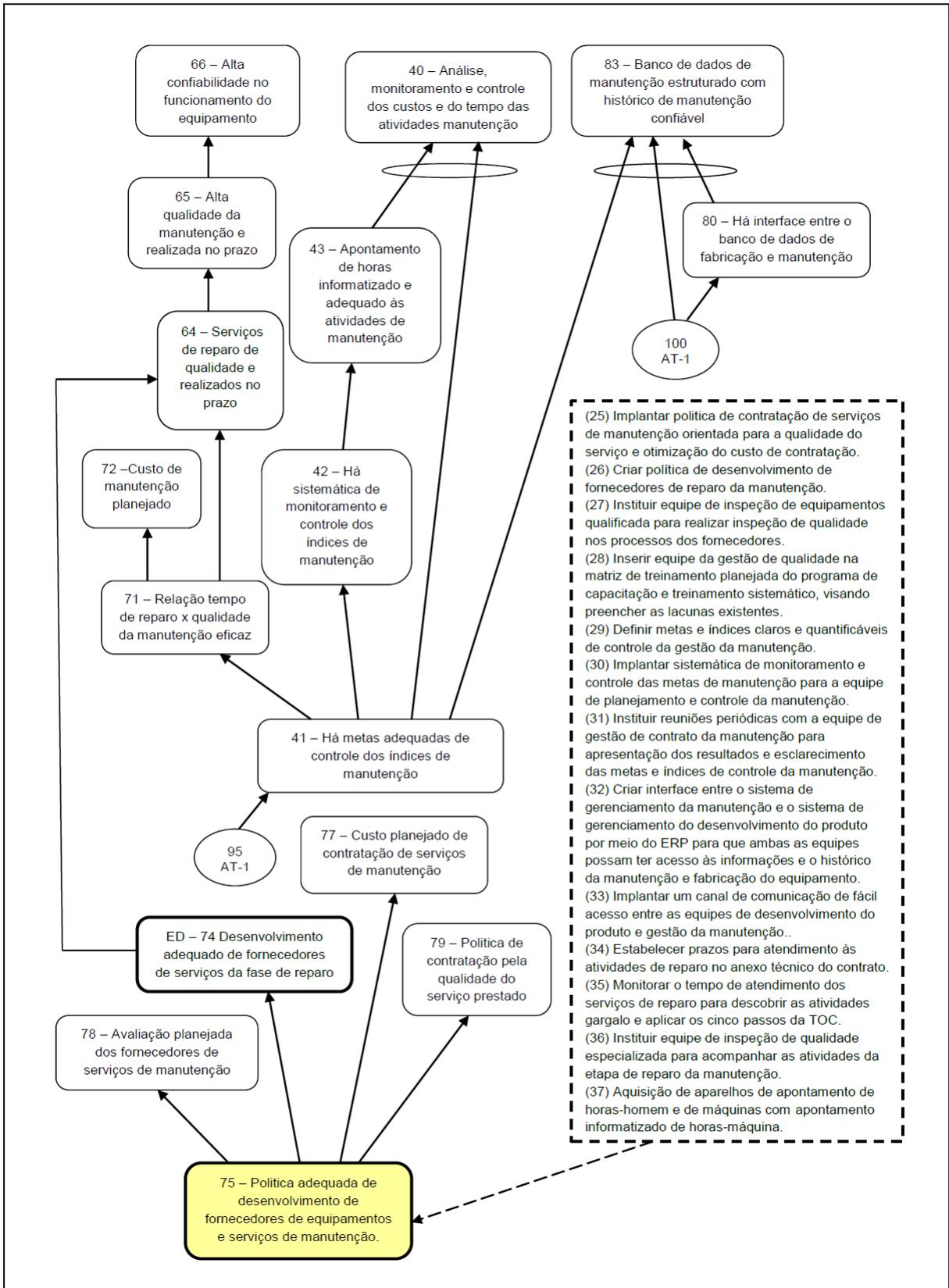


Figura 4.19: AT 3 – Ações relativas ao objetivo 75

Fonte: Elaborado pelo autor.

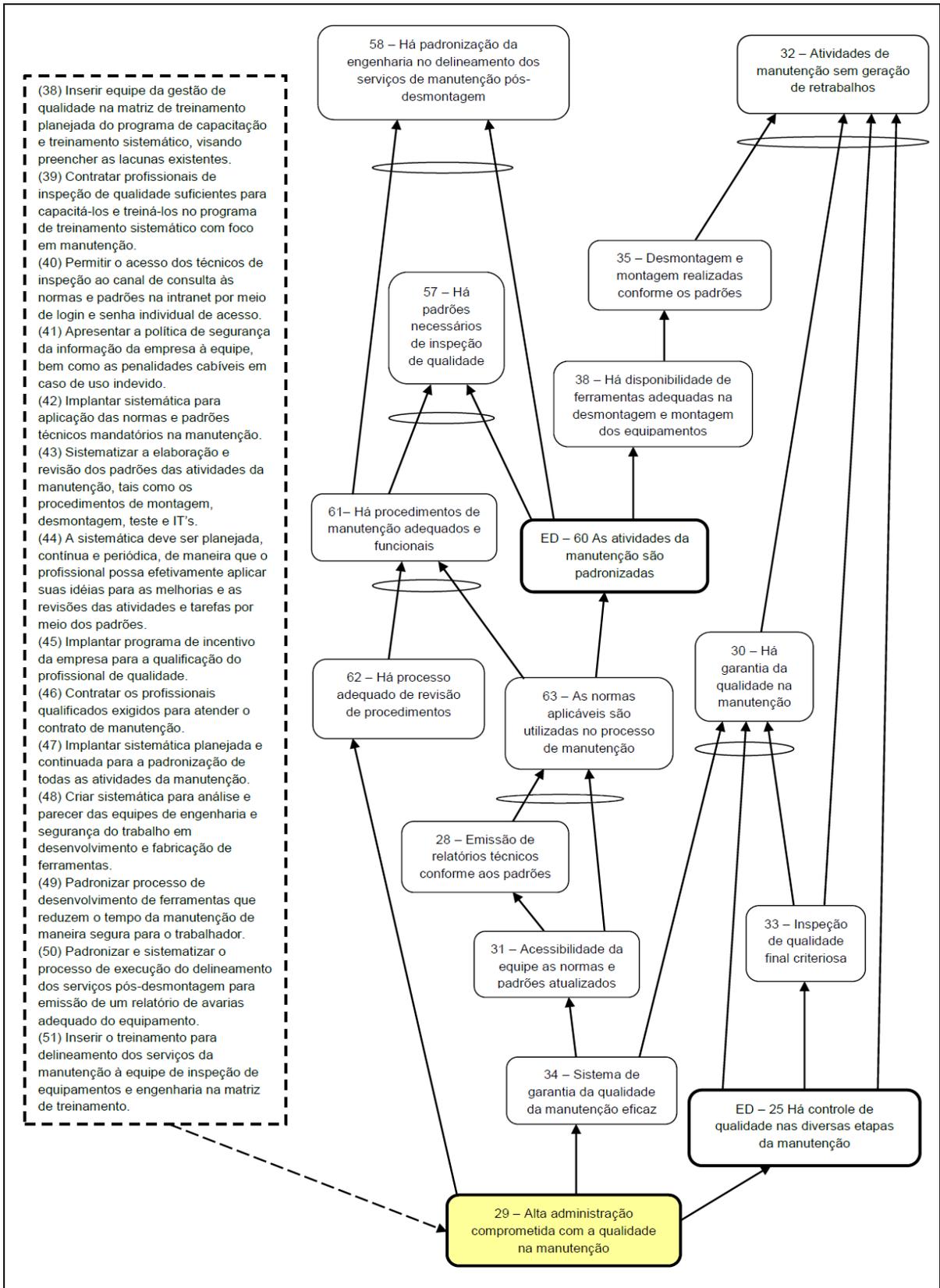


Figura 4.20: AT 4 – Ações relativas ao objetivo 29

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.8 Análise do estudo de caso

O estudo de caso mostrou a aplicação de quatro ferramentas do Processo de Raciocínio da teoria das restrições na gestão de manutenção de equipamentos submarinos de petróleo. As quatro ferramentas utilizadas foram: Árvore de Realidade Atual (ARA), Árvore de Realidade Futura (ARF), Árvore de Pré Requisitos (APR) e Árvore de Transição (AT).

Os diagramas estruturados das árvores foram encaixados num método de quatro passos de resolução de problemas proposto por Wu et. al (2010). A ARA foi montada com o objetivo de encontrar a causa-raiz dos problemas; a ARF buscou descobrir as idéias ou objetivos centrais para solucionar a causa-raiz; a APR mostrou os obstáculos que necessitam ser suplantados, para que a idéia central da ARF e os objetivos intermediários sejam implantados; e a AT apresenta as ações que, se aplicadas podem solucionar o problema-cerne, quebrando os obstáculos e atingindo os objetivos intermediários e a idéia ou objetivo fundamental.

Visando encontrar um processo de resolução de problemas mais dinâmico e flexível por causa da necessidade de rapidez no atendimento às operações de equipamentos submarinos, a ferramenta DDN não foi utilizada no processo. É importante ressaltar que outros estudos encontraram resultados satisfatórios utilizando somente quatro ferramentas do PR da TOC.

Durante a pesquisa sobre a fundamentação teórica da TOC não foi encontrado nenhuma literatura sobre aplicação das ferramentas do processo de raciocínio na gestão de contratos de serviços de manutenção.

Dependendo de como os EI's são identificados, o problema raiz pode ser totalmente diferente, levando a outro conjunto de soluções. Portanto, encontrar os EI's corretos determina o sucesso da aplicação do processo de raciocínio. Dessa maneira, é fundamental a participação de especialistas na construção das árvores do processo de raciocínio, pois a experiência e conhecimento do processo de negócio são importantes para a eficácia do método. Assim, o estudo atendeu o propósito, pois buscou os dados da pesquisa por intermédio de especialistas da atividade de manutenção de equipamentos submarinos de óleo e gás.

O resultado do trabalho, isto é, as árvores estruturadas e ações geradas, foram apresentadas aos gestores de contrato de manutenção que fizeram parte do presente estudo, visando aplicar o conjunto de ações em um dos ambientes pesquisados. Por conter algumas ações que precisam fazer parte do plano estratégico da organização, o apoio da alta administração para aplicação efetiva das ações torna-se fundamental.

O estudo mostrou ser viável a aplicação das ferramentas do processo de raciocínio da TOC na busca pela solução de problemas da gestão de contratos de manutenção de equipamentos submarinos.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este Capítulo apresenta as conclusões obtidas da dissertação realizada, composta por suas considerações finais, subdividida em: principais perspectivas, limitações e recomendações para futuros trabalhos.

5.1 Perspectivas principais

Quanto ao principal objetivo do trabalho, o propósito foi cumprido, pois verificou ser viável aplicar as ferramentas do processo de raciocínio da Teoria das Restrições na gestão de contratos de manutenção de equipamentos e ferramentas submarinos de completação de poços de petróleo da indústria nacional.

No que tange aos objetivos específicos, primeiramente a pesquisa mostrou que as principais empresas da atividade de gestão de manutenção de equipamentos submarinos de petróleo, cujas bases operacionais encontram-se instaladas na cidade de Macaé, não utilizam técnicas ou métodos que busquem encontrar os gargalos dos contratos de gestão da manutenção.

Em segundo lugar, os problemas principais da gestão da manutenção de equipamentos submarinos de petróleo foram identificados, bem como as ações propostas para solução dos problemas.

No que tange ao último objetivo específico, o trabalho propõe um modelo para a aplicação da TOC na gestão dos contratos de manutenção de equipamentos submarinos, utilizando as quatro ferramentas básicas da TOC num processo de resolução de problemas.

Quanto à revisão bibliográfica, foi encontrado quantidade suficiente de literatura abordando as ferramentas do processo de raciocínio da TOC em processos produtivos.

Poucos trabalhos sobre a aplicação da TOC no segmento de petróleo e gás foram encontrados, e particularmente em plataformas marítimas, destacando-os a seguir: Finocchio Junior (2009) e Manhães (2011), que abordaram o método da

corrente crítica da TOC no ambiente de projetos; e estudos realizados por Lemos (2012) sobre a aplicação do PR da TOC na área de manutenção no processo produtivo de petróleo.

Enfim, quanto à abordagem da TOC e suas ferramentas na gestão de contratos de serviços de manutenção não foi descoberto nenhuma literatura.

Durante o processo de construção dos diagramas foi necessário explicar aos integrantes do grupo focal nas reuniões programadas pelo pesquisador, os passos do método do processo de raciocínio até que entendessem e o aplicassem corretamente.

Quanto à aplicação da política de manutenção na gestão de serviços de manutenção, verificou-se que as políticas usuais são a corretiva e a preventiva somente. A falta de utilização das políticas preditiva e engenharia da manutenção são notórias, bem como a ausência de aplicação de ferramentas e metodologias da manutenção, tais como a manutenção produtiva total e a manutenção centrada em confiabilidade.

O trabalho buscou obter dados sobre as restrições físicas do processo de manutenção estudado por meio da ilustração do fluxograma e diagrama de rede do processo no formulário da pesquisa. O processo de aquisição de sobressalentes para atendimento a manutenção foi considerado a atividade gargalo da gestão da manutenção. O Quadro que apresenta o resultado relativo à atividade considerada o gargalo do processo de manutenção é apresentado no Apêndice F.

Quanto às restrições da manutenção, isto é, os problemas que geraram as principais propostas de ações do estudo, cabem destacar as mais impactantes:

- A ausência de um programa de capacitação e treinamento organizacional adequado aos colaboradores que atuam na atividade de manutenção, apoio à gestão dos contratos de manutenção e gestão de contratação de serviços.
- A carência de profissionais no mercado do petróleo com as competências necessárias para atender as exigências dos contratos de manutenção, sobretudo o gestor de manutenção. Sobre esse

tema, cabe uma reflexão sobre a eficiência do programa do governo PROMINP - Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural, no que tange ao atendimento da demanda do mercado atual de petróleo e gás por profissionais qualificados.

- Ausência de uma política adequada de contratação e desenvolvimento de fornecedores de serviços de manutenção de equipamentos submarinos.
- Processo de aquisição de sobressalentes centralizado para atendimento à manutenção, causando atrasos no prazo de atendimento à operação dos equipamentos na sonda de completção de poços submarinos.
- Alta administração da empresa com foco somente no atendimento à operação, não considerando a gestão da manutenção como função estratégica organizacional de extrema importância.
- Falta de comprometimento da alta gerência com a política de gestão de qualidade na manutenção, necessitando de aplicação de recursos materiais e financeiros, principalmente no controle e garantia da qualidade da manutenção.

Através do estudo de caso realizado no ambiente de empresas prestadoras de serviços de manutenção de equipamentos submarinos de óleo e gás, ações foram propostas para melhoria da gestão dos contratos de manutenção por intermédio dos passos do processo de raciocínio da TOC, cujo alvo é pô-las em prática na gestão da manutenção e os resultados serem testados e validados.

5.2 Limitações da pesquisa

Os resultados deste trabalho são aplicáveis à gestão de manutenção de equipamentos submarinos de completção de poços de petróleo. No entanto, embora outras atividades da gestão da manutenção na área do petróleo, tais como perfuração, ancoragem, inspeção submarina de dutos, produção, refino e outras possuam seus problemas particulares de gestão, é provável que parte das restrições

e propostas de soluções que emergiram do estudo realizado, possam também ser aplicadas nessas atividades.

Os cinco passos da focalização para o gerenciamento das restrições físicas não foram utilizados no presente trabalho.

Outras questões abertas, apresentadas a seguir, também limitam a pesquisa:

1. Como certificar se as causas-raiz dos problemas foram identificadas apropriadamente e são de fato as mais significativas?

Somente por meio da aplicação efetiva das ações propostas é possível verificar se realmente os problemas-cerne foram corretamente identificados. Parte das ações propostas do estudo necessita ser analisada pela alta gerência da empresa, pois sem o comprometimento da alta administração os paradigmas identificados não serão quebrados. A necessidade da gerência se debruçar sobre as ações propostas para detalhá-las num plano de ação estratégico torna-se imprescindível.

2. Como afirmar se a aplicação de somente quatro ferramentas do PR da TOC é tão eficaz quanto o uso de todas as cinco ferramentas num processo de resolução de problemas específicos da gestão de manutenção?

Propõe-se aplicar a ferramenta diagrama de dispersão de nuvem com os dados do presente estudo de caso, todavia, seria necessário realizar mais reuniões com o grupo focal para aumentar a interação exigida por essa ferramenta no processo de raciocínio e comparar os resultados obtidos com o atual. Obviamente, as ações propostas de ambos os casos teriam que ser testadas para a validação dos resultados e obtenção das conclusões.

3. Como aplicar e integrar o conjunto de ações propostas viáveis, oriundo da árvore de transição, num plano de ação estratégico organizacional?

As ações propostas do estudo de caso precisam ser analisadas quanto a sua viabilidade pela alta gerência da organização e detalhadas num plano de ação estratégico organizacional para que possam ser aplicadas efetivamente.

5.3 Recomendações para trabalhos futuros

Para que o modelo proposto do presente estudo possa ser validado, recomenda-se a aplicação de um plano de ação estratégico organizacional em uma das empresas de equipamentos submarinos estudada, com base nas ações propostas geradas por meio da utilização do processo de raciocínio no estudo realizado.

Recomenda-se para trabalhos futuros aplicar os cinco passos da focalização da TOC para o gerenciamento das restrições físicas do processo de manutenção.

Pela sua natureza o processo de contrato de manutenção pode ser considerado um projeto. Então, o uso do método da corrente crítica da TOC pode também ser uma alternativa interessante para tratar os problemas físicos na gestão dos contratos de manutenção em futuros trabalhos.

Sugere-se que todas as cinco ferramentas do processo de raciocínio sejam utilizadas em trabalhos futuros na mesma atividade estudada e seus resultados comparados com o modelo proposto do presente trabalho.

Recomenda-se a pesquisa e aplicação de um método de análise multicritério de auxílio à decisão que se encaixe no processo de resolução dos problemas da gestão da manutenção estudada em perspectivas futuras, tornando-se outra opção de comparação com os resultados obtidos na aplicação do processo de raciocínio da TOC.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Integridade Estrutural das Instalações Terrestres de Produção de Petróleo e Gás Natural** – RTSGI: 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Regulamento Técnico de Dutos Terrestres para Movimentação de Petróleo, Derivados e Gás Natural** – RTDT: 2011.

ALMEIDA, A. T.; FERNANDES, R. A. C. **Terceirização da Manutenção IN: Gestão da manutenção na direção da competitividade.** ALMEIDA, A. T. & DE SOUZA, F. C. M. (Org.), *Gestão da manutenção na direção da competitividade.* Universitária da UFPE, p. 357-378. 2001.

ALVES, J. M. **O sistema Just in Time reduz os custos do processo produtivo.** Biblioteca Digital da Unicamp, 2002. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/universia/document/?view=32>>. Acesso em: 12 jun. 2009.

ALVES A. P.; COGAN, S.; ALMEIDA, R. S. **Utilizando o processo de raciocínio da Teoria das Restrições para a gestão de projetos de pesquisas e atividades científicas.** S & G. *Sistemas & gestão*, v. 5, p. 161-178, 2010.

ANHESINE, M. W. **Uma abordagem sistêmica para diagnósticos em manutenção industrial.** São Carlos, 1999, 204p. (Tese de Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, USP.

ANTUNES JUNIOR, J. A. V.; RODRIGUES, L. H. *Teoria das Restrições: uma análise das ações de melhorias necessárias para levantar a capacidade das restrições.* In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18., 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 1998.

ANTUNES JUNIOR, J.A.V. **Manutenção Produtiva Total: Uma análise crítica a partir de sua inserção no Sistema de Produção Toyota.** Rio Grande do Sul, 2001. Disponível em: < <http://www.iautomotivo.com/manutencaototal.htm>>. Acesso em 19 set. 2011.

ARCURY FILHO, R. **Medicina de sistemas: Uma abordagem holística, estratégica e institucional para a gestão da manutenção,** Niterói, 2005. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense-UFF.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Confiabilidade e manutenibilidade,** NBR 5462/1994. Rio de Janeiro, 1994.

BALLESTERO-ALVAREZ, Maria Esmeralda. **Administração da Qualidade e da Produtividade: Abordagens do Processo Administrativo.** São Paulo: Atlas, 2001.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - **BNDES 60 anos**: Perspectivas Setoriais. Sousa, Filipe Lage de (org.). – 1. ed. – Rio de Janeiro: BNDES, 2012. v. 1: il. Vários autores. ARAÚJO, Bruno Plattek; MENDES, André Pompeo do Amaral; COSTA, Ricardo Cunha da. **Perspectivas para o Desenvolvimento Industrial e Tecnológico na Cadeia de Fornecedores de Bens e Serviços Relacionados ao Setor de P&G**. pag. 224-273. ISBN: 978-85-87545-44-2.

BEEHLER, M. E. **Reliability centered maintenance for transmission systems**. IEEE Transactions on Power Delivery, v. 12, n. 2, p. 1023-1028, 1997.

BELHOT, R. V.; CAMPOS, F. C. **Relações entre manutenção e engenharia de produção: uma reflexão**. Revista da Associação Brasileira de Engenharia de Produção, Belo Horizonte, v. 5, n.2, p. 125-134, 1995.

BRANCO FILHO, Gil. **Dicionário de termos de Manutenção, Confiabilidade e Qualidade**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2006.

BRITTO, Tales M. de. **Metodologia da manutenção centrada em confiabilidade aplicada a pára-raios de alta tensão**. Florianópolis, 2006, 109p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Programa de Pós-Graduação, UFSC, 2006.

BORNIA, Antonio Cezar. **Análise Gerencial de Custos em Empresas Modernas**. Porto Alegre: Editora Bookman, 2002.

CALLIGARO, Cleber. **Proposta de fundamentos habilitadores para a gestão da manutenção e indústrias de processamento contínuo baseada nos princípios da manutenção de classe mundial**. Porto Alegre, 2003, 145p. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado Profissionalizante em Engenharia – ênfase Gerência de Produção). Escola de Engenharia, UFRGS, 2003.

CAMPOS, V. F. **TQC – Controle da Qualidade Total ao estilo japonês**. 8 ed. Belo Horizonte: EDG, 1999.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica**. 4 ed., São Paulo: Makron Books, 1996.

CHASE, R. B; JACOBS, F. R.; AQUILANO, N. J. **Administração da produção para a vantagem competitiva**. 10 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

COGAN, Samuel. **Teoria das Restrições: como vencer os gargalos e restrições**. Rio de Janeiro: Suma Econômica, 1999.

COOKE, F. L. **Implementing TPM in plant maintenance**: some organizational barriers. International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 17 Issue 9, p.1003-1016. 2000.

CORBETT NETO, T. **Bússola financeira: o processo decisório da Teoria das Restrições**. São Paulo: Nobel, 2005.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just-in-Time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 1996.

CORREIA, Filipe Manuel. **Gestão e organização da manutenção, de equipamento de conservação e manutenção de infra-estruturas ferroviárias**. Tese (Mestrado). Porto, 2006.

COSTA C.T.F.; BORGES, F.A.; BELLOT, C.; BELTRÃO, R.; ASSAYAG, M.I. **Campos Basin – 25 Years of Production and its Contribution to the Oil Industry**. Paper OTC – 15219, OTC - Offshore Technology Conference, 2003, Houston, Texas, U.S.A., 5 - 8 May 2003.

COUSSEAU, Valter Lino. **Aplicação de um método de implantação da Manutenção Produtiva Total a partir da ótica da Teoria das Restrições na linha de fabricação de painéis da Tramontina Farroupilha S.A.** Porto Alegre, 2003, 115p. Dissertação (Mestrado profissionalizante de Engenharia - ênfase Gerência de Produção). Escola de Engenharia, UFRGS, 2003.

COX, J. F.; SPENCER, M. S. **Manual da Teoria das Restrições**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

CSILLAG, João Mário. **O gerenciamento de projetos segundo a Teoria das Restrições**. São Paulo: Núcleo de Pesquisas e Publicações da Fundação Getúlio Vargas, 2001. Disponível em: <<http://www.eaesp.fgvsp.br/AppData/GVPesquisa/Rel%2002-2001.pdf>>. Acesso em: 2 jul. 2010.

DALCON, P. R. T.; OLIVEIRA, U. R. A minimização dos efeitos dos gargalos da Teoria das Restrições através do Empowerment: um estudo de caso no Banco XPTO. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 25., 2005, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2005.

DAVIS, M.; AQUILANO, N. J. ; CHASE, R. B. **Fundamentos da Administração da Produção**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

DIAS, José Manuel Ribeiro. **A gestão da manutenção em Portugal**. Dissertação de Mestrado. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Economia e Gestão. 2003.

DRIL-QUIP. **Manual do Sistema de Completação Submarina WCT-GLL-1800M**. Houston, Texas: Dril-Quip, Inc. May, 2001.

ELLIOT, G. **Achieving Manufacturing Excellence**. **Industrial Management**: 7, 2001.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2021**. Brasília: MME/EPE, 2012. 1v.: il. Disponível em:<<http://www.epe.gov.br/PDEE/Forms/EPEEstudo.aspx>>. Acesso em: jan. de 2013.

FACHIN, Odília. **Fundamentos de metodologia**. 4.ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

FERREIRA, Luis Andrade. **Uma Introdução à Manutenção Publindústria**, Edições Técnicas, Porto, 1ª edição, Março 1998, ISBN 972-95794-4-X.

FERREIRA, Alessandra Henriques. **Aspectos importantes na implantação da Teoria das Restrições na gestão da produção**: um estudo multicaso. Ribeirão Preto, 2007, 163p. Dissertação (Mestrado em Administração das Organizações). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, USP, 2007.

FINOCCHIO JUNIOR, J. **Programação de plataforma marítima utilizando o método da corrente crítica**. Dissertação (mestrado em Administração) apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento da Engenharia Naval e Oceânica. São Paulo, 2009.

FLORES, Rogério. **Teoria das restrições**: análise da implantação de um modelo de gestão baseado na Teoria das Restrições na UCAR Produtos de Carbono S/A, em Candeias – Bahia. Salvador: 2005. 126f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia - UFBA, 2005.

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

FREITAS, Marta Afonso; COLOSIMO, Enrico Antônio. **Confiabilidade: Análise de tempo de falha e testes de vida acelerados**. 1º Ed. Belo Horizonte: Fundação Christino Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1997.

FUENTES, Fernando Félix E. **Metodologia para inovação da gestão de manutenção industrial**. Florianópolis, 2006, 192p. (Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica). Programa de Pós-Graduação, UFSC, 2006.

FURMANN, J. C. **Desenvolvimento de um modelo para a melhoria do processo de manutenção mediante a análise de desempenho de equipamentos**. Florianópolis, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Curso de Pós-Graduação, UFSC, 2002.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIOSA, L. A. **Terceirização**: uma Abordagem Estratégica. São Paulo: Pioneira, 1997.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. F. **Introdução à Teoria das Restrições**: a visão global. Avraham Y. Goldratt Institute, tradução de Claudiney Fullmann, 1992.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. F. **A Meta**: um processo de melhoria contínua. Tradução Thomas Corbett Neto. 2 ed. São Paulo: Nobel, 2002.

GOLDRATT, E. M. **What is this thing called the Theory of Constraints and how should it be implemented?** New York: North River Press, 1990.

GOLDRATT, E. M. **Introdução à Teoria das Restrições**: abordagem da produção, descrição do Workshop. Avraham Y. Goldratt Institute, tradução de Claudiney Fullmann, 1992a.

GOLDRATT, E. M. **A síndrome do Palheiro**: garimpendo informação num oceano de dados. São Paulo: Educator, 1992b.

GOLDRATT, E. M. **It's Not Luck**. Great Barrington: North River Press, 1994.

GOLDRATT, E. M. **Mais que sorte... um processo de raciocínio**. São Paulo: Educator, 1995.

GUERREIRO, R. **Os princípios da Teoria das Restrições sob a ótica da mensuração econômica**. Caderno de Estudos - FIPECAFI/FEA/USP, São Paulo, n. 13, p. 09-18, jan./jun. 1996a.

GUERREIRO, R. **A Meta da empresa**: seu alcance sem mistérios. São Paulo: Atlas, 1996b.

GUSMÃO, S. L. L. **Um modelo conceitual para integração do Just-in-Time com a Teoria das Restrições em pequenas e médias empresas industriais**. Porto Alegre, 1998, 138p. Dissertação (Mestrado em Administração). Escola de Administração, UFRGS, 1998.

GUSMÃO, S. L. L. **Proposição de um esquema integrando a Teoria das Restrições e a teoria dos custos de transação para identificação e análise de restrições em cadeias de suprimentos**: estudo de casos na cadeia de vinhos finos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004, 222p. (Tese de Doutorado em Administração). Escola de Administração, UFRGS, 2004.

ISO - INTERNATIONAL STANDARD. **Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment**. ISO 14224:2006.

JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE. **JIPM**. Disponível em: <<http://www.advanced-eng.com.br/>>. Acesso em: 20 mai. 2010.

KARDEC, A.; FLORES, J.; SEIXAS, E. **Gestão estratégica e indicadores de desempenho**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

KARDEC, Alan & NASCIF, Júlio. **Manutenção função estratégica**. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2001.

KENNEDY, R. **Examining the process of RCM and TPM: what do they ultimately achieve and are the two approaches compatible?** Disponível em < www.plant-maintenance.com/articles/rcmvtpm.shtml > Acesso em 13 mar. 2010.

INFIELD THE ENERGY ANALYSTS. **Subsea Market Report to 2015**. 2011. Disponível em: <<http://www.infield.com/brochures/subsea-oil-gasmarket-forecast-report.pdf>>. Acesso em: 10 de abril 2013.

LAFRAIA, João Ricardo B. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

LEMOS, M. A. **Teoria das restrições na área de manutenção da indústria petrolífera upstream: um estudo de caso**. Campos dos Goytacazes, 2012, 115p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós Graduação, UENF, 2012.

LIMA, Rubens S. **TPM - Total Productive Maintenance – curso de formação de multiplicadores**. Belo Horizonte: Advanced Consulting & Training, 2000.

LIMA, Priscila Ferreira de Araujo. FRANZ, Luis Antonio dos Santos. AMARAL, Fernando Gonçalves. **Proposta de utilização do FTA como ferramenta de apoio ao FMEA em uma empresa do ramo automotivo**. XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 06 a 08 de novembro de 2006.

MANHÃES, J. C. da Silva. **Estruturação da mudança pela Teoria das Restrições na implementação do gerenciamento de projetos por Corrente Crítica: estudo de caso de uma companhia de energia**. Campos dos Goytacazes, RJ. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós Graduação, UENF, 2011.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 6º ed. São Paulo: atlas, 2006.

MARTINS, Fábio Augusto. **O processo de raciocínio da Teoria das Restrições na indústria moveleira de pequeno porte: um estudo de caso**. Florianópolis, 2002, 105p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação, UFSC, 2002.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

MENDES, A. P. A.; ROMEIRO, R. A. P.; COSTA, R. C. **Mercado e aspectos técnicos dos sistemas submarinos de produção de petróleo e gás natural**. BNDES Setorial, n. 35. Rio de Janeiro: BNDES, mar. 2012. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3505.pdf>. Acesso em: jan. 2013.

MIRSHAWKA, Vitor. OLMEDO, Napoleão Lopes. **Manutenção – Combate aos Custos da Não Eficácia – A vez do Brasil**. São Paulo. Editora Makron Books do Brasil Editora Ltda.1993.

MONCHY, François. **A função manutenção – formação para a gerência da manutenção industrial**. São Paulo: Durban, 1989.

MORAES, Paulo Henrique de Almeida. **Manutenção produtiva total: estudo de caso em uma empresa automobilística**. Taubaté: UNITAU, 2004.

MOTTA, P. C. D. Ambigüidades metodológicas do Just-in-Time. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 17., 2003, Salvador. **Anais...** Salvador, 2003.

MOUBRAY, John. **Manutenção Centrada em Confiabilidade**. São Paulo: Aladon Ltda., 2000.

NAGAO, Sérgio Kimimassa. **Manutenção industrial: análise, diagnóstico e propostas de melhorias de performance em indústrias de processo**. São Paulo, 1998, 219p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, 1998.

NAKAJIMA, Seiichi. **Introdução ao TPM - Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989.

NOREEN, Eric W.; SMITH, Debra; MACKEY, James T. **A Teoria das Restrições e suas implicações na contabilidade gerencial**. São Paulo: Educator, 1996.

NUNES, E. L. **Manutenção Centrada em confiabilidade (MCC): análise da implantação em uma sistemática de manutenção preventiva consolidada**, Florianópolis, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

OENNING, V.; RODRIGUES, L. H.; CASSEL R. A.; ANTUNES JUNIOR J. A. V. Teoria das Restrições e Programação Linear: uma análise sobre o enfoque de otimização da produção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 24., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2004.

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, L. F.; LIMA, M. A. O. ; FRANÇA, S. R. R. O. Manutenção Baseada no Risco (RBM): gestão dos ativos por meio da aplicação integrada das metodologias RCM, RBI e SIL. **Revista Petro & Química**, sinopse de artigo técnico, Valete Editora Técnica Comercial Ltda., edição 307, 2008. Disponível em: <http://www.editoravalete.com.br/site_petroquimica/edicoes/ed_307/307_art.html>. Acesso em: 03 ago. 2010.

PALADY, Paul. **FMEA: Análise dos Modos de Falha e Efeitos**. São Paulo: IMAN, 2002.

PALMEIRA, J. N.; TENÖRIO, F. G. **Flexibilização organizacional: aplicação de um modelo de produtividade total**. Rio de Janeiro: FGV Eletronorte, 2002. ISBN 85-225-0402-4.

PATTON, Joseph D. **Preventive Maintenance**. New York: Instrument Society of America, 1995.

PEREIRA, Mário Jorge. **Engenharia de Manutenção: Teoria e prática**. 1 Ed. Rio de Janeiro: Editora Ciência Morderna, 2009.

PIAZZA, Gilberto. **Introdução à Engenharia de Confiabilidade**. 1 Ed. Caxias do Sul: EDUCS, 2000.

PI-FANG, H.; MIAO-HSUEH, S. **Using the theory of constraints to improve the identification and solution of managerial problems**. International Journal of Management, Volume 22, Issue 3, Page 415-425. 2005. Disponível em: <http://www.sirim.my/techinfo/P1/Management/Sept-Oct05/sept-oct05_article8.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2010.

PINTO, Victor M. **Gestão da Manutenção**. Edição IAPMEI, Lisboa, 1994, ISBN 972-9205-57-4.

PINTO, C.; **Organização e Gestão da Manutenção**. 1ª edição, Editora Monitor, 1999.

PINTO, R. G.; LIMA, C. R. C. A integração entre o TPM e o RCM na manutenção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27., 2007, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2007.

PORTER, M.E. **Competitive Advantage: creating and sustaining superior performance**. New York, NY: The Free Press, 1985.

PRADO, C.C.A. **Planejamento e Controle da Manutenção**. São Paulo. Ed. Sabesp. 2011.

RAHMAN, Shams. The Theory of Constraint's thinking process approach to developing growth strategies in supply chain. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, Volume 32, Issue 10, Page 809-828. 2002.

RENTES, A. F.; SOUZA, F. B. Os processos de raciocínio da Teoria das Restrições como ferramentas para um processo de melhoria contínua focalizada. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17, 1997, Gramado. **Anais...** Gramado, 1997.

RIBEIRO, J.E.D. **Curso sobre Entrega/Recebimento de Poço Submarino – Operações Conjuntas entre UEPs, Sondas e Barcos Especiais**. Editor Valdo F.R., PETROBRAS, 2004.

ROBINSON, C. J.; GINDER, A. P. **Implementing TPM: The North American Experience**. Portland, OR: Productivity Press, 1995.

ROCHA NETO, A. **O processo de raciocínio da Teoria das Restrições em instituições de ensino superior**. Florianópolis, 2001, 128p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação, UFSC, 2001.

ROCHA NETO, A; BORNIA, A. C. A utilização da ferramenta Árvore da Realidade Atual (ARA) para a identificação do problema raiz em uma Instituição de Ensino Superior (IES). In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 21., 2001, Salvador. **Anais...** Salvador, 2001.

RODRIGUES, L. H. Apresentação e análise crítica da Tecnologia da Produção Otimizada (Optimized Production Technology - OPT) e da Teoria das Restrições (Theory of Constraints - TOC). In: XIX ENCONTRO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE PÓS GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO (ANPAD), 14., 1990, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1990.

ROSA, G. O. ; MORALES, D. Implantação do sistema de manutenção produtiva total na COCAMAR – indústria de fios de seda: um estudo de caso. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13., 2006, Bauru. **Anais...** Bauru, 2006.

ROSA, E. B. **Indicadores de desempenho e sistemas ABC**: O uso de indicadores para uma gestão eficaz do custeio e das atividades de manutenção. São Paulo, 2006. Tese (doutorado). Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP.

S.A.E. - SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. SAE M-110 Standard, 1999 Revision. **Reliability and Maintainability Guideline for Manufacturing Machinery and Equipment** (1993). Warrendale, PA.

SAMPIERI, R. H; COLLADO, C. F.; LUCIO, P. B. **Metodologia de Pesquisa**. São Paulo: McGraw Hill, 2006.

SANT'ANNA, A. A. **Brasil é a principal fronteira de expansão do petróleo no mundo**. Visão do Desenvolvimento, n. 87. Rio de Janeiro: BNDES, 18 de out. 2010.

SANTOS, Osvaldo Luis J. dos. **Aplicação da Teoria das Restrições para otimização dos sistemas de produção em uma empresa do setor químico**. Recife, 2008, 71p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós- Graduação, Universidade Federal de Pernambuco, 2008.

SELLITTO, M. A. **Processos de pensamento da TOC como alternativa sistêmica de análise organizacional**: uma aplicação em saúde pública. Gestão & Produção, v. 12, n. 1, p. 81-96, jan./abr. 2005.

SCOGGIN, J.M.; SEGELHORST, R.J.; REID, R.A. Applying the TOC thinking process in manufacturing: a case study. **International Journal of Production Research**. Vol. 41, Nº 4, Page 161-191. 2003.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SMITH, Anthony M. **Reliability Centered Maintenance**. Boston: McGraw-Hill, Inc, 1993.

SOCIETY OF MANUFACTURING ENGINEERS. **Total Productive Maintenance in America**. Dearborn, MI: Society of Manufacturing Engineers, 1995.

SOUZA, F. B.; RENTES, A. F.; FRANCISCO FILHO, M. Proposta de um método de utilização da ferramenta Árvore da Realidade Atual da Teoria das Restrições no processo de diagnóstico estratégico de empresas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17., 1997, Gramado. **Anais...** Gramado, 1997.

SOUZA, F. B.; ARAVECHIA, C. H. M.; PIRES, S. R. I. Aplicação da Teoria das Restrições na gestão das cadeias de suprimentos. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 7., 2000, Bauru. **Anais...** Bauru, 2000.

SOUZA, F. B.; BAPTISTA, E. A.; GRIVOL, R. F.; FRANCHI, R. H. O. L.; COPPINI, N. L. Otimização de processos de usinagem: uma abordagem baseada na Teoria das Restrições. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26., 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2006.

STAMATIS, D. H. **Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from theory to execution**. ASQC Quality Press. Milwaukee, Wisconsin, USA. 1995.

STARR, F.; BISSEL, A. **Maintenance, inspection or management: a risk based approach**. In: Operation Maintenance and Materials Issues: v.1, n.3, Dec 2002.

STEENKAMP, J. G. **The theory of constraints: its usefulness and applicability**. Master of Business Administration. University of the Witwatersrand, Johannesburg, may 1995.

SUZUKI, T. **TPM in process industries**. Portland: Productivity Press Inc. 1994.

TAVARES, L. A. **Administração Moderna de Manutenção**. Rio de Janeiro: Novo Pólo Publicações e Assessoria Ltda, 1999.

TAVARES, J. C. V.; CABELINO, K.; QUINTAES, M.; BARAÚNA, L. **Apostila de Equipamentos Submarinos**. 2008. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABKGUAH/apostila-equipamentos-submarinos>>. Acesso em: jan. 2013.

TAKAHASHI, Yoshikazu; OSADA, Takashi. **TPM / MPT - Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: IMAN, 2000.

TAYLOR, L.J.; MOERSCH, B.J.; FRANKLIN, G.M. **Applying the theory of constraints to a public safety hiring process**. Public Personnel Management, 32 (3), 367–382, 2003.

THOMAS, J. E. et al. **Fundamentos de engenharia de petróleo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. ISBN 85-7193-099-6.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa científica em administração**. 6ª ed. São Paulo: Ed. Atlas, 2005.

VIANA, H. R. G. **PCM - Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

VIANNA, I. O. A. **Metodologia do Trabalho Científico**: um enfoque didático da produção científica. São Paulo: E.P.U., 2001.

WATANABE, H. K. & BUIAR, D. R. Gestão eficaz da terceirização da manutenção: um estudo de caso da Copel, **anais** do XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção - Florianópolis, SC, 2004.

WIREMAN, T. **Total Productive Maintenance**. 2 ed. New York: Industrial Press, 2004.

WU, S.; BLOS, M.F.; MING WEE, H.M.; CHEN, YI-LI. Can the Toyota Way overcome the recent Toyota set back? A Study based on the Theory of Constraints. **Journal of Advanced Manufacturing Systems**. Vol. 9, No. 2, Page 145–156. 2010.

WYREBSKI, Jerzy. **Manutenção Produtiva Total**: um modelo adaptado. Florianópolis, 1997, 125p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação, UFSC, 1997.

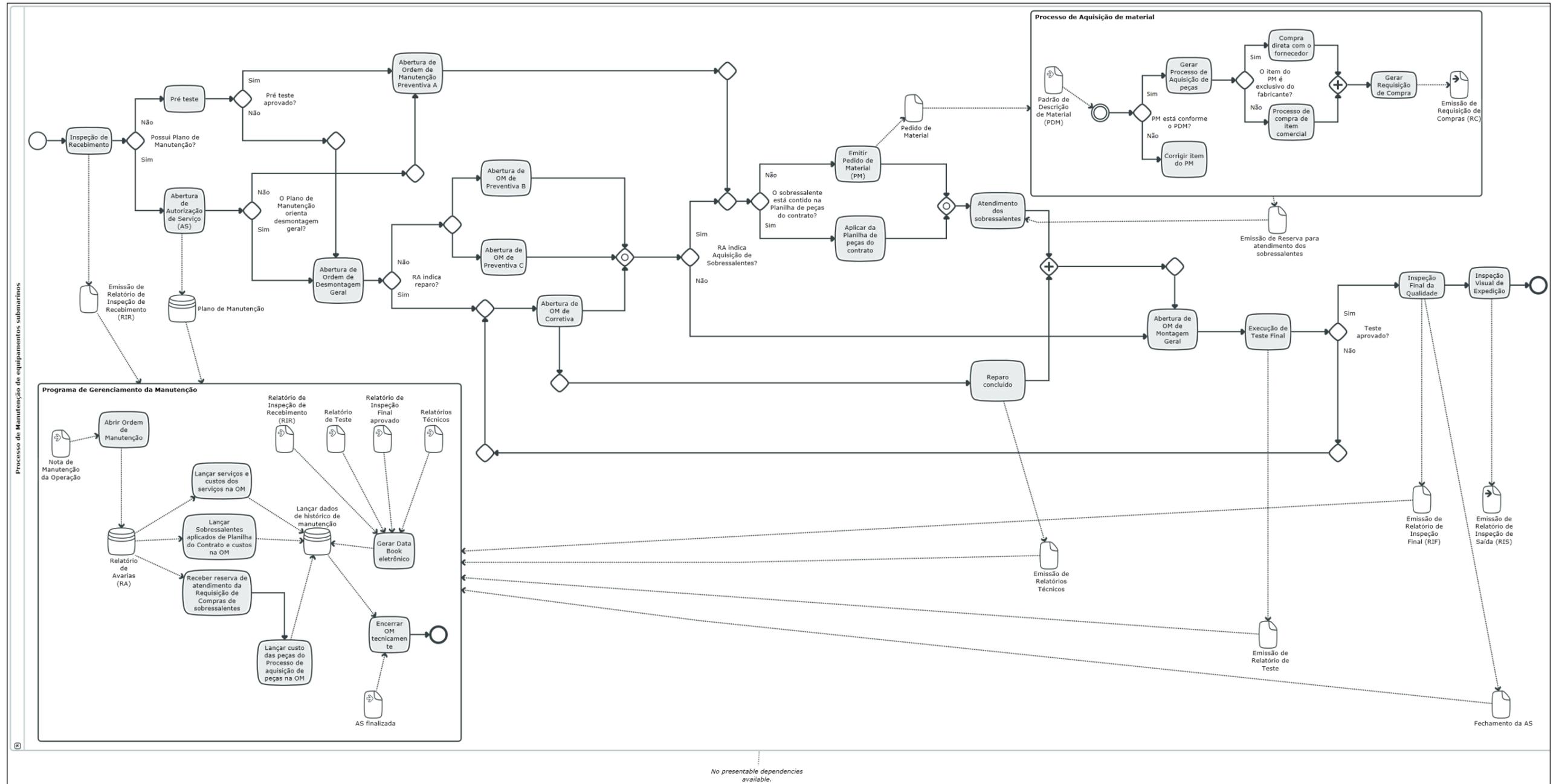
XENOS, Harilaus G. d'Philippos. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

YAMAGUSHI, C. T. **TPM – Manutenção Produtiva Total**. Instituto de Consultoria e Aperfeiçoamento Profissional. São João Del Rei, MG, 2005.

YONG, B.; QIANG, B. **Subsea engineering handbook**. Houston: Elsevier, 2010.

ZAIONS, Douglas Roberto. **Consolidação da metodologia de manutenção centrada em confiabilidade em uma planta de celulose e papel**. Porto Alegre, 2003, 219p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação, UFRGS, 2003.

APÊNDICE A – MODELAGEM DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS SUBMARINOS



Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE B – FORMULÁRIO DE PESQUISA



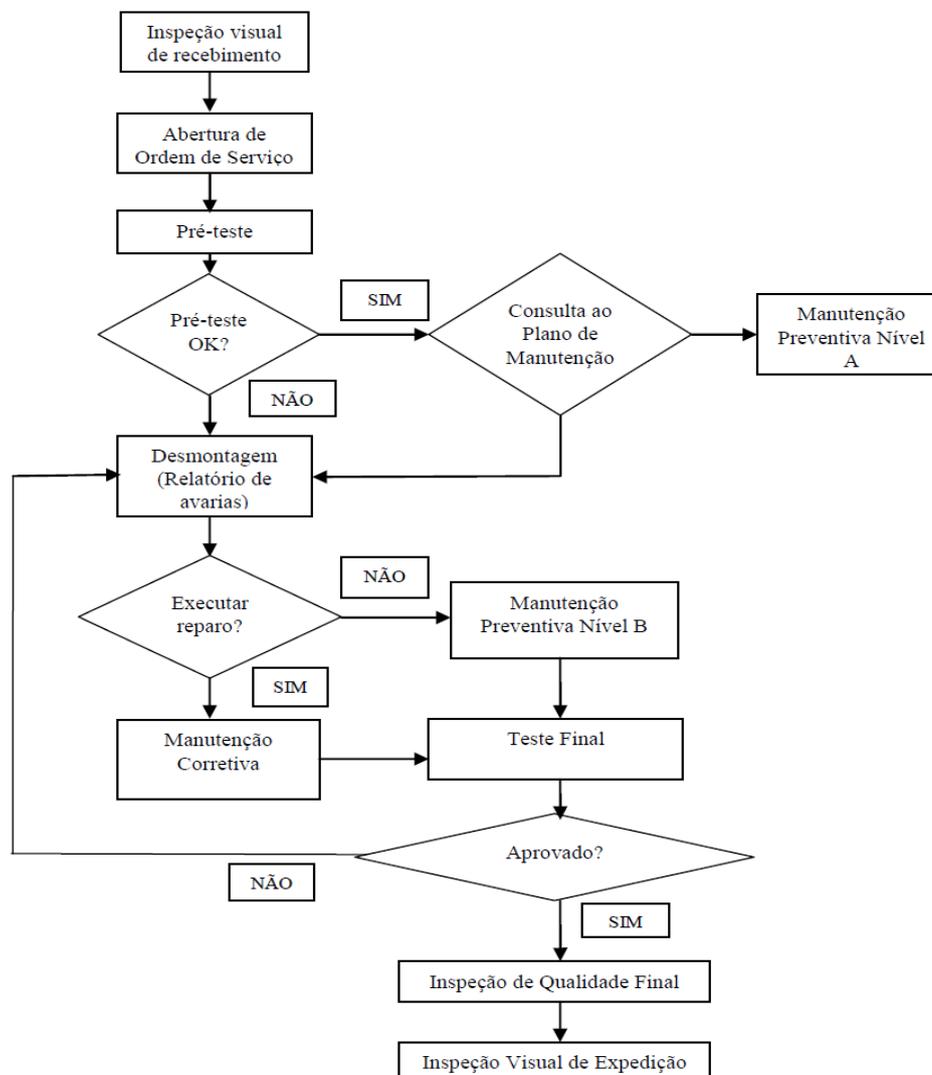
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO
NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO – UENF



Questionário aplicado à pesquisa para dissertação intitulada “Aplicação dos Processos de Raciocínio da Teoria das Restrições na Gestão de serviços de manutenção da área de petróleo”.

Nome do respondente (opcional): _____
 Empresa (opcional): _____
 Função na empresa: _____
 Tempo de experiência na atividade de manutenção: _____
 Tempo de experiência na área de petróleo: _____

Objetivo: Levantamento de dados para aplicação da Teoria das Restrições num estudo de caso de gestão de serviços de manutenção com foco em equipamentos submarinos da área de petróleo.
Data prazo para envio das respostas: 10/12/2012.



Fluxograma simplificado do processo de manutenção de equipamentos submarinos
 Fonte: Elaborado pelo autor.



5. Das políticas principais de manutenção (corretiva, preventiva e preditiva), quais são as mais utilizadas na gestão de manutenção dos equipamentos submarinos?

6. Observando o fluxograma e o diagrama de rede ilustrados, e considerando a gestão do processo de manutenção, qual(is) etapa(s) considera como o(s) gargalo(s) do processo? *NOTA: Gargalo ou restrição é tudo o que limita, dificulta ou atrapalha a empresa ou processo de atingir seu objetivo ou meta.*

7. Caso visualize falhas, tais como falta de etapas ou atividades, no fluxograma e diagrama de rede ilustrados, favor descrevê-las.

8. Liste os principais problemas políticos (normas, padrões, regras, diretrizes e outras políticas inquestionáveis) encontrados na(s) empresa(s) de gestão de manutenção de equipamentos submarinos.



9. Dos problemas políticos listados, quais estariam ligados (conectados) um ao outro?

10. Dos problemas políticos listados, qual(is) você destacaria como a(s) causa(s) raiz ?

11. Descreva quais soluções acredita que mitigaria o impacto dos principais problemas políticos listados.

Obrigado pela colaboração, não hesite em me comunicar para sugestões ou dúvidas através dos seguintes contatos:

E-mail: hotalyuli@gmail.com

Telefone: (22) 9973-3880

APÊNDICE C – QUADRO: DADOS DOS QUESTIONÁRIOS REFERENTES AOS PROBLEMAS FÍSICOS E DE POLÍTICAS DE GESTÃO

Respondentes	Principais problemas físicos (pergunta nº 1 do questionário)	Problemas físicos interpretados da pergunta nº 1 do questionário	Problemas de políticas de gestão interpretados das respostas da pergunta nº 8 do questionário
1-Planejador de manutenção A1	Planejamento (abertura de OS)	Falha no Planejamento da manutenção	Falta de exigência ao cumprimento do contrato de manutenção e das normas e procedimentos da atividade de manutenção.
	Movimentação (logística)	Atrasos na logística de movimentação de materiais	
	Aquisição de peças e controle de estoque	Atrasos no processo de aquisição de peças sobressalentes e falha de controle de estoque de peças	
	Inspeção (END's e RIR)	Falhas nas inspeções de qualidade das etapas do processo de manutenção	
2-Gestor da manutenção B1	Garantia de realização adequada do pré-teste do equipamento	Falha na fase de pré-teste dos equipamentos	Falta de manuais completos sobre a manutenção dos equipamentos. Falha no processo de aquisição de sobressalentes baseado no preço e não na qualidade dos materiais.
	Cuidado na desmontagem para evitar danos a outros componentes	Falha na execução da fase de desmontagem	
	Controle efetivo do tempo de execução do reparo	Falha no controle do tempo das fases de manutenção	
	Controle do tempo de execução dos serviços de reparo	Falta de controle do tempo da fase de reparo da manutenção	
	Garantia da realização das inspeções de qualidade do processo de manutenção dos equipamentos	Falha nas inspeções de qualidade das etapas do processo de manutenção	
3-Planejador de manutenção A2	Delineamento impreciso das necessidades de manutenção	Falha de planejamento da carteira de serviços de manutenção	Geração de gargalos na gestão de contrato devido falta de integração das atividades da manutenção (qualidade, compras, produção e outras).
	Falta de mão de obra qualificada para execução dos serviços	Falta de mão de obra qualificada de execução da manutenção	
	Falta de planejamento em considerar "lead times" tradicional de atendimento das requisições de compra.	Falha no planejamento do processo de aquisição de peças sobressalentes	
	Gestão inadequada de classificação dos sobressalentes para o processo de aquisição	Falha na classificação das peças sobressalentes para o processo de aquisição de peças	
	Entraves burocráticos (classificação e armazenagem) para aquisição ágil de peças sobressalentes	Barreiras burocráticas no processo de aquisição de peças sobressalentes	
	Falta de plano de manutenção claro e acessível	Plano de manutenção inadequado	
	Dificuldade para flexibilização de prioridades de atendimento de manutenção associadas ao planejamento da oficina de manutenção	Inadequação entre o planejamento da carteira de serviços e o planejamento da área de execução da manutenção	

Respondentes	Principais problemas físicos (pergunta nº 1 do questionário)	Problemas físicos interpretados da pergunta nº 1 do questionário	Problemas de políticas de gestão interpretados das respostas da pergunta nº 8 do questionário
3-Planejador de manutenção A2	Falta de área adequada para execução dos testes necessários a atividade de manutenção	Falta de área adequada para execução da fase de testes da manutenção.	
	Falta de comunicação entre os gestores das áreas relacionadas às atividades de manutenção (compras, produção e outras).	Falha de comunicação entre os gestores das diversas atividades relacionadas à função manutenção	
	Falha na subcontratação dos serviços de reparo pela contratada	Má qualidade dos serviços de reparo subcontratados	
4-Gestor de materiais C1	Falta de planejamento	Planejamento inadequado da manutenção	Falta de ferramentas de trabalho para a equipe de compras de materiais na consulta de catálogos e contato com fornecedores. Ambiente de trabalho desagradável.
	Contratação de mão de obra qualificada	Falha na contratação de mão de obra qualificada	
	Aquisição de peças	Falha no processo de aquisição de peças	
	Atraso no recebimento de sobressalentes	Atraso no processo de aquisição de peças	
	Demora no <i>feedback</i> entre fornecedores, planejamento e execução	Falha de comunicação no processo de manutenção	
5-Coordenador de Qualidade D1	Falta de padronização nos procedimentos de recebimento e expedição dos equipamentos	Falta de padrões de inspeção de qualidade de recebimento e expedição	Conflito entre a gestão de contratos de manutenção e os requisitos técnicos operacionais da atividade de manutenção.
	Falta de treinamento de inspetores de recebimento e expedição	Falta de treinamento de inspetores de qualidade	
	Falta de ferramentas adequadas para desmontagem de equipamentos	Falta de ferramentas adequadas na etapa de desmontagem do processo de manutenção	
	Falta de organização na identificação e armazenamento de peças desmontadas (procedimento específico)	Falta de padronização na fase de delineamento dos serviços de manutenção pós-desmontagem	
	Falta de acesso dos inspetores de qualidade (com SNQC) às normas atualizadas	Normas técnicas atualizadas inacessíveis aos inspetores de qualidade	
	Falta de critério da engenharia nas reprovações no processo de manutenção	Falta padronização de critério da engenharia na reprovação e aprovação dos materiais e processos da manutenção	
	Falta detalhamento específico (etapas do planejamento) para o reparo	Falha no detalhamento das fases do reparo no planejamento da manutenção	
	Falta de acesso aos desenhos e procedimentos pelos executantes da manutenção	Faltam manuais, padrões e procedimentos técnicos acessíveis aos executantes da manutenção.	

Respondentes	Principais problemas físicos (pergunta nº 1 do questionário)	Problemas físicos interpretados da pergunta nº 1 do questionário	Problemas de políticas de gestão interpretados das respostas da pergunta nº 8 do questionário
5-Coordenador de Qualidade D1	Faltam padrões específicos para montagem e testes da manutenção, diferentes da fabricação.	Falta de procedimentos e padrões técnicos adequados a manutenção	
6-Gestor de contrato de manutenção B2	Desvios relacionados a anomalias de campo dificultando o processo de manutenção	Desvios na operação dos equipamentos impactando o processo de manutenção	Excesso de padrões e procedimentos para cumprir nos contratos de manutenção
	Ausência de fornecedores qualificados na região demandando maior custo logístico na busca por fornecedores de outros estados para os serviços de reparo	Falha no desenvolvimento de fornecedores de serviços de reparo de baixa qualidade elevando os custos de manutenção	
	Retrabalhos de manutenção gerados após reprovações no teste final	Retrabalhos de manutenção gerados por falhas nas etapas da manutenção	
	Curto prazo para realização das manutenções devido necessidade operacional da área de petróleo	Falhas de manutenção ocasionadas pelos prazos curtos demandados pela área de petróleo	
7-Engenheiro de manutenção E1	Planejamento de fornecimento de sobressalentes	Falha de planejamento na gestão de fornecimento de peças sobressalentes	Contratação inadequada dos serviços terceirizados de manutenção. Baixa qualidade dos serviços.
	Controle dos custos de serviços	Falta de controle de custos dos serviços de manutenção	
	Contratação de serviços de manutenção	Gestão de contratação inadequada dos serviços de manutenção	
	Acompanhamento dos serviços de manutenção	Falta de controle de qualidade nas etapas de manutenção	
	Cobrança da qualidade dos serviços	Falta de controle de qualidade na gestão da manutenção	
8-Planejador de manutenção A3	Emissão de relatórios da atividade de manutenção ao cliente com carência e ausência de informações detalhadas dos equipamentos, gerando atrasos no processo devido a retrabalhos na correção e detalhamento dos relatórios.	Retrabalhos na correção de relatórios e documentos técnicos devolvidos por falha no controle de qualidade	Falha no treinamento de pessoal às normas e padrões técnicos da atividade de manutenção. Falha de acessibilidade dos funcionários aos padrões e normas técnicas. Falha na política de divulgação e treinamento do pessoal às regras e diretrizes da organização.
	Falta pessoal qualificado, ocasionando sobrecarga de serviços e falhas no processo de manutenção.	Mão de obra não qualificada para execução das atividades de manutenção gerando falhas e atrasos.	
	Erros nas documentações, ocasionados por falta de pessoal qualificado.	Mão de obra não qualificada nas atividades de manutenção e no controle de qualidade	

Respondentes	Principais problemas físicos (pergunta nº 1 do questionário)	Problemas físicos interpretados da pergunta nº 1 do questionário	Problemas de políticas de gestão interpretados das respostas da pergunta nº 8 do questionário
8-Planejador de manutenção A3	Falta de verificação detalhada ao receber materiais ocasionando recebimentos errados ou em duplicidade	Falha na etapa de inspeção de recebimento de materiais	
	Controle inadequado das Notas Fiscais de recebimento de material gerando pendências	Retrabalhos na gestão de materiais ocasionados pelo controle inadequado das notas fiscais de movimentação dos materiais na atividade de manutenção	
9-Engenheiro de manutenção E2	Inspeção de recebimento inadequada	Padrão inadequado da inspeção de qualidade de recebimento de materiais	Burocracia excessiva nos contratos de manutenção.
	Mão de obra não qualificada para as tarefas	Mão de obra desqualificada para execução das tarefas de manutenção	Falta de pessoal qualificado para as atividades de manutenção.
	Utilização de materiais fora das especificações originais de projeto	Falha no processo de gestão de aquisição de peças sobressalentes e de controle de qualidade da manutenção	
	Relatório de Avarias pouco abrangente	Delineamento pobre dos serviços de manutenção gerado pela engenharia na etapa pós-desmontagem	
	Atendimento a "urgências"	Falta de plano de atendimento de contingência da manutenção	
10-Supervisor de qualidade D2	Planejamento das manutenções para evitar tempo perdido na realização de pré-teste no Equipamento	Falta de plano de manutenção dos equipamentos	Falta de Política de gestão ambiental e de qualidade.
	Treinamento da liderança da gestão da manutenção.	Falta de treinamento para o gestor de manutenção	Falta de política de QVT para os funcionários.
	Trabalhar sem metas bem estabelecidas e índices de controle que possam ser medidos adequadamente prejudica a evolução dos trabalhos.	Falta de metas estabelecidas e índices de controle no processo de manutenção	Gestão de QSMS ineficaz.
	Importância de entender e compreender o significado dos tipos de manutenção	Falta de treinamento de gestão de manutenção	
	No intervalo entre as manutenções preventivas devem ocorrer vistorias periódicas. A realização do <i>check-list</i> para evitar a entrega do equipamento sem as devidas correções	Retrabalhos ocasionados por falha de controle de qualidade nas atividades das etapas do processo de manutenção	
	Manter um estoque das peças que são intercambiáveis para reposição imediata.	Falta de estoque estratégico de peças sobressalentes	

Respondentes	Principais problemas físicos (pergunta nº 1 do questionário)	Problemas físicos interpretados da pergunta nº 1 do questionário	Problemas de políticas de gestão interpretados das respostas da pergunta nº 8 do questionário
11-Gestor de materiais C2	Poderá ser dispensável a etapa de pré-testes se houver histórico de manutenções e operações do equipamento, pois demanda tempo e custo na manutenção.	Falta de histórico de manutenção e operação dos equipamentos gerando perdas de tempo e alto custo no processo de manutenção	Falta de especialistas para as atividades de manutenção de equipamentos submarinos. Dificuldade na aquisição de peças devido à política organizacional.
	Peças e componentes sem necessidade de realização de END's considerando os custos e os tempos para os ensaios versus custos de aquisição de peças novas	Falta de política de engenharia de manutenção para análise dos custos e dos tempos dos reparos, END's e aquisição de peças da manutenção.	Dificuldade no gerenciamento dos contratos de manutenção. Espaço físico inadequado para as atividades especializadas de manutenção.
	Tempo excessivo de reparos, elevando muito o tempo de manutenção dos equipamentos.	Excessivo tempo de manutenção dos equipamentos ocasionado por elevado tempo na etapa de reparo dos componentes	Excesso de pessoal controlando as mesmas demandas e falta de equipe em demandas importantes para a atividade.
12-Gestor de materiais C3	Preço muito caro de peças/serviços	Alto custo de aquisição de peças e serviços de manutenção	Excesso de burocracia gerada pelo excesso de documentos e relatórios exigidos nos contratos de manutenção.
	Manutenção em exclusividade com um fornecedor	Contratos de manutenção com fornecedores exclusivos ocasionados por falha de gestão de desenvolvimento de fornecedores	Falha na gestão de contratação da manutenção gerando aditivos contratuais em excesso.
	Falta de zelo com os equipamentos do cliente	Falta de preservação dos equipamentos armazenados gerado por gestão de materiais inadequada	Falta de cuidado na operação dos equipamentos.
	Falta de pessoal qualificado	Falta de qualificação do pessoal da atividade de manutenção	
	Demora na aquisição de peças	Atraso no processo de aquisição de peças	
13-Supervisor de Qualidade D3	RIR: Insuficiência de informações no relatório de recebimento	Falha na inspeção de recebimento de materiais e emissão de relatórios	Normas aplicáveis inacessíveis e não utilizadas no processo de manutenção.
	Pré-teste: relatar no RIR se há condição de realização de pré-teste (verificação no desenho da revisão de fabricação dos equipamentos)	Falha na inspeção de recebimento de materiais e emissão de relatórios	Falta de um sistema eficaz de garantia da qualidade da manutenção.
	RA: falta de informação da revisão do equipamento no documento	Falha no detalhamento de avarias gerando falta de informações no relatório (RA)	Falta de política de qualidade da manutenção da alta direção.
	Acompanhamento do CQ durante a fase de reparo visando garantir o atendimento às disposições da engenharia, projeto e especificações.	Falta de CQ para garantia da qualidade (disposições, projeto e especificações de engenharia) na etapa de reparo.	

Respondentes	Principais problemas físicos (pergunta nº 1 do questionário)	Problemas físicos interpretados da pergunta nº 1 do questionário	Problemas de políticas de gestão interpretados das respostas da pergunta nº 8 do questionário
13-Supervisor de Qualidade D3	Inspeção final de qualidade: garantir e registrar o atendimento das etapas programadas da manutenção dos equipamentos	Ocorrência de falha de manutenção na operação do equipamento e retrabalho ocasionado por falha na Inspeção de qualidade final	
	Inspeção de expedição: utilização de <i>check-list</i> e observação das condições de armazenamento dos equipamentos	Falha no processo de inspeção de expedição do equipamento	
	Falta interatividade entre as áreas de planejamento, produção e qualidade.	Falta integração entre as áreas de apoio da atividade de manutenção	
14-Gestor de contrato de manutenção B3	“Gargalo” na documentação	Falha na emissão de documentação técnica da atividade de manutenção	Conflito gerado pela falta de liderança.
	Conflito e (ou) falta de liderança	Relações conflituosas geradas por falta de liderança	Política de gestão da manutenção inadequada.
	Alteração da rotina do serviço sem programação prévia ou coordenação.	Falha na programação da manutenção e na gestão de contingências	Falta de treinamento e qualificação dos gestores de manutenção.
	Falha na criação da rotina de serviço	Planejamento inadequado da manutenção	
	Falta de procedimentos	Falta de padronização das atividades de manutenção	
	Não cumprimento dos procedimentos	Falta de treinamento da equipe nos padrões	
	Improvisação	Falta de treinamento da equipe nos padrões gera improvisação	
15-Gestor de contrato de manutenção B4	Falta de tempo e profissionais dedicados a manutenção preditiva	Falta de política de manutenção preditiva	Padrões e diretrizes corporativas engessadas no processo de aquisição de materiais para manutenção.
	Plano de Manutenção mais adequado aos tipos e exigências do campo	Plano de manutenção inadequado	
	Melhor gestão de estoques de materiais sobressalentes	Má gestão de estoque de peças sobressalentes	
	Processo de compras de materiais para reparos com prazos muito longos	Tempo excessivo para aquisição e fornecimento de materiais na etapa de reparo	
	Longo tempo para fornecimento de materiais devido à falta de fornecedores	Má gestão de aquisição de peças e desenvolvimento de fornecedores	
16-Planejador de manutenção A4	Falha na identificação do equipamento gerando duplicidade de informações	Falta de treinamento na atividade de classificação e identificação dos materiais e equipamentos	Falta de comunicação e integração entre as áreas de apoio (logística, suprimentos, planejamento, produção, etc...) da manutenção.

Respondentes	Principais problemas físicos (pergunta nº 1 do questionário)	Problemas físicos interpretados da pergunta nº 1 do questionário	Problemas de políticas de gestão interpretados das respostas da pergunta nº 8 do questionário
16-Planejador de manutenção A4	Falha no delineamento dos serviços de manutenção gerando retrabalhos	Retrabalhos gerados por falha de delineamento de serviços pela engenharia de manutenção	
	Atraso nos serviços de reparo pelos fornecedores externos	Política inadequada de desenvolvimento de fornecedores gera atraso na etapa de reparo da manutenção	
	Atraso na entrega de peças de reposição do equipamento	Atraso no fornecimento de peças sobressalentes	
	Falta de histórico de manutenção dos equipamentos	Falta de histórico de manutenção dos equipamentos	
	Falha no apontamento de horas de execução das tarefas de manutenção	Falha no apontamento de horas de execução das tarefas de manutenção	
17-Engenheiro de manutenção E3	Gestão da manutenção inadequada	Gestão da manutenção inadequada	Falta de procedimentos de manutenção adequados e funcionais.
	Descumprimento do prazo de manutenção	Descumprimento do prazo de manutenção	Falha na política de revisão de procedimentos.
	Falta de sobressalentes	Falha no processo de aquisição de peças	Falta de divulgação de melhores práticas de manutenção.
	Alta demanda de serviço	Falta de planejamento de operação e manutenção	Falta de padronização das atividades de manutenção.
	Falha na programação de manutenção	Falha na programação de manutenção	Falta de mapeamento dos processos de manutenção.
	Falta de experiência prática de mão-de-obra	Mão de obra não qualificada para as atividades de manutenção	
18-Inspetor de qualidade D4	Falha na programação da manutenção	Falha na programação da manutenção	Falta de visão estratégica gerencial para atividade de manutenção.
	Falta de controle de estoque	Falha de controle de estoque de materiais e equipamentos	
	Mão de obra não qualificada	Falta de qualificação da mão de obra	
	Equipamentos obsoletos	Gestão inadequada de estoques de materiais e equipamentos	
19-Gestor de manutenção B5	Falta de treinamento da equipe	Falta de treinamento da equipe de manutenção	Falta de aplicação do contrato de manutenção na sua totalidade.
	Plano de manutenção não adequado ao prazo de entrega do equipamento	Plano de manutenção inadequado	Política inadequada de desenvolvimento do fornecedor.
	Contrato de manutenção mal elaborado	Falha na elaboração do contrato de manutenção	
	Falta de organização (estrutura) da empresa	Falta de estrutura física e organizacional para execução do contrato	

Respondentes	Principais problemas físicos (pergunta nº 1 do questionário)	Problemas físicos interpretados da pergunta nº 1 do questionário	Problemas de políticas de gestão interpretados das respostas da pergunta nº 8 do questionário
19-Gestor de manutenção B5	Falta de planejamento na manutenção	Falta de planejamento na manutenção	<p>Falha no processo de contratação de fornecedores e prestadores de serviços de manutenção dos equipamentos quanto análise da estrutura organizacional.</p> <p>Política de contratação pelo preço e não pela qualidade dos serviços prestados de manutenção.</p> <p>A função manutenção não é vista como função estratégica organizacional.</p>
	Falta de histórico e análise de dados da manutenção	Falta de histórico e análise de dados da manutenção	
	Atraso exagerado na etapa de reparo devido subcontratação inadequada	Geração de atraso na manutenção devido falha de desenvolvimento de fornecedores de serviços na etapa de reparo	
	Políticas de manutenção aplicadas de forma errada	Falhas na aplicação das políticas de manutenção	
	Não existe política de manutenção preditiva	Falta de política de manutenção preditiva	
	Gestor de contrato de manutenção despreparado para a função	Falta de treinamento adequado para o gestor de manutenção	
	Falta de treinamento para equipe de planejamento de manutenção	Falta de treinamento para equipe de planejamento de manutenção	
	Dados inseridos de forma errada no ERP	Erros de lançamento de dados no programa integrado de manutenção (ERP)	
	Atraso na entrega do equipamento disponível	Descumprimento de prazo de entrega do equipamento disponível	
	Atraso no fornecimento do processo de aquisição e fabricação de peças	Atraso no fornecimento do processo de aquisição e fabricação de peças	
	Etapas de manutenção não seguidas	Falta de CQ durante as etapas da manutenção	
	Fluxo de manutenção não realizado adequadamente	Falha no fluxo de manutenção dos equipamentos	
	Cliente não aplica contrato na íntegra	Contrato de manutenção não é aplicado na sua totalidade pelo cliente	
	Falha de desenvolvimento do fornecedor	Gestão inadequada de desenvolvimento do fornecedor de serviços de manutenção	
	Falha na movimentação da cadeia logística	Falha na gestão logística de materiais	
	Falha de rastreabilidade dos equipamentos e materiais	Falha de rastreabilidade na gestão de materiais	
	Falhas no controle físico, fiscal e contábil dos equipamentos e materiais.	Falha de controle na gestão de materiais	
Ocorrência de falhas de CQ nas etapas do processo de manutenção	Ocorrência de falhas de CQ nas etapas do processo de manutenção		
Perda de confiabilidade da manutenção	Perda de confiabilidade da manutenção		

Respondentes	Principais problemas físicos (pergunta nº 1 do questionário)	Problemas físicos interpretados da pergunta nº 1 do questionário	Problemas de políticas de gestão interpretados das respostas da pergunta nº 8 do questionário
20-Gestor de qualidade D5	Inexistência ou inadequação da política de planejamento da contratante na compra dos equipamentos e dos serviços pós-venda e de manutenção, sem item específico definindo as metas e as prioridades de manutenção ligadas aos resultados da contratante	Política inadequada de contratação de serviços de manutenção e aquisição de equipamentos com os fornecedores	Política ineficiente de contratação e gerenciamento do contrato de manutenção.
	Insuficiência, inadequação e/ou inexistência de documentos de referência (especificações técnicas, normas, procedimentos, requisitos técnicos, legislação, etc...), para as atividades de planejamento, contratação e gestão dos serviços de manutenção.	Falta de acessibilidade a documentação técnica para subsidiar as atividades de gestão da manutenção de equipamentos	
	Deficiências na elaboração dos contratos de serviços (escopo, detalhamento técnico, parâmetros de gestão, critérios de avaliação, aceitação, etc...), levando à emissão de contratos inadequados e dificultando a gestão e execução da manutenção.	Contratos de manutenção mal elaborados dificultando a gestão da manutenção	
	Inadequação dos métodos de seleção, treinamento e avaliação dos gestores e do pessoal de apoio dos serviços de manutenção, gerando impactos diretos e deficiências na gestão dos contratos, falhas de planejamento das atividades de manutenção causando falta e atrasos no atendimento a operação.	Métodos inadequados de seleção, treinamento e avaliação dos gestores e equipe de apoio à manutenção impactando todo o processo da atividade de manutenção.	
	Auditorias de avaliação dos fornecedores de serviços de manutenção realizadas sem planejamento, abrangência e detalhamento necessários e sem pessoal qualificado, resultando em fornecedores de serviços desqualificados e sem a devida estrutura para a atividade de manutenção.	Falta de auditoria planejada e detalhada para avaliar fornecedores de serviços de manutenção	

Respondentes	Principais problemas físicos (pergunta nº 1 do questionário)	Problemas físicos interpretados da pergunta nº 1 do questionário	Problemas de políticas de gestão interpretados das respostas da pergunta nº 8 do questionário
20-Gestor de qualidade D5	Desinteresse dos fornecedores de equipamentos na prestação de serviços de manutenção e pela pesquisa e desenvolvimento da atividade, resultando em falhas de planejamento, descumprimento de prazos e serviços inadequados, aumentando os custos devido a retrabalhos, o risco operacional, deficiências nos procedimentos administrativos e operacionais.	Falta de política adequada de desenvolvimento de fornecedores de equipamentos para realização dos serviços de manutenção	
	Estruturas e facilidades do fornecedor para realização das atividades de manutenção inexistentes, inadequadas e/ou insuficientes, demandando terceirização sem controle direto, aumento de custos, prazo de atendimento ou deixando de realizar avaliações críticas nos equipamentos;	Falta de política adequada de desenvolvimento de fornecedores de equipamentos para realização dos serviços de manutenção	
	Não atendimento a requisitos da legislação, contratuais e técnicos normativos pela contratada, expondo a contratante às penalidades administrativas e financeiras.	Gestão inadequada do contrato de manutenção e política inadequada de desenvolvimento de fornecedores de equipamentos para realização dos contratos de serviços de manutenção.	
	Deficiência de documentos de referência para manutenção do projeto e do histórico de modificações; Equipamentos canibalizados antigos, sem histórico de manutenção.	Falta de estrutura de banco de dados de manutenção; e falta de interface entre o banco de dados de fabricação e de manutenção.	
	Inexistência de sistemática de controle e registro de reparos em campo;	Banco de dados de manutenção desestruturado; falta sistemática de controle da manutenção.	
21-Gestor de contrato de manutenção B6	Falta de pessoal técnico qualificado para as atividades de manutenção	Falta de pessoal técnico qualificado para as atividades de manutenção	Gestão da manutenção sem foco na melhoria contínua dos processos de manutenção.
	Falhas operacionais dos equipamentos geradas por manutenção inadequada	Falhas operacionais dos equipamentos geradas por manutenção inadequada	

Respondentes	Principais problemas físicos (pergunta nº 1 do questionário)	Problemas físicos interpretados da pergunta nº 1 do questionário	Problemas de políticas de gestão interpretados das respostas da pergunta nº 8 do questionário
22-Gestor de contrato de manutenção B7	Aquisição de sobressalentes originais	Falha no processo de aquisição de sobressalentes	<p>Falta de cumprimento das normas e padrões técnicos e contratuais de manutenção.</p> <p>Insatisfação da equipe das atividades de manutenção com a gestão da manutenção.</p> <p>Falta de visão estratégica da função manutenção.</p>
	Aquisição e formação de mão de obra qualificada	Falha na contratação e qualificação de mão de obra	
	Aquisição de sistema informatizado que gerencie a interface gestão de materiais e demanda de sobressalentes nas atividades de manutenção e reparo.	Falta de sistema de gestão de manutenção integrado e informatizado adequado ao contrato de manutenção de equipamentos	
	Redução no tempo de reparo sem perda de qualidade nos serviços	Relação tempo de reparo x qualidade da manutenção ineficaz.	
	Não seguir normas, procedimentos e especificações técnicas e determinações contratuais.	Falha no cumprimento das normas, procedimentos e especificações técnicas e contratuais.	
	Insegurança na garantia dos serviços de manutenção	Perda de confiabilidade sobre a garantia da qualidade dos serviços de manutenção	
23-Gestor de contrato de manutenção B8	Subcontratação para serviços de reparo	Falha na gestão de contratação e desenvolvimento de fornecedores de serviços de reparo.	Falha na gestão de desenvolvimento e contratação de fornecedores de equipamentos e serviços
	Relatórios não conformes aos procedimentos	Falha no controle de qualidade da manutenção gerando relatórios técnicos não conforme aos padrões	
	Processo de manutenção mal definido pelo fabricante.	Falha na definição dos processos de manutenção	
	Mão de obra desqualificada	Falha na qualificação da mão de obra	
	Contratos de difícil interpretação devido à redação mal realizada	Falha na formulação dos contratos de manutenção gerando dificuldades de interpretação	

APÊNDICE D – QUADRO: DADOS DOS QUESTIONÁRIOS REFERENTES ÀS PROVÁVEIS CAUZAS RAIZ DOS PROBLEMAS E PROPOSTAS DE SOLUÇÃO

Respondentes	Causa (s) raiz do(s) problemas listados na pergunta nº 1 (pergunta nº 3 do questionário)	Soluções mitigadoras sobre problemas listados na pergunta nº 1 (pergunta nº 4 do questionário)	Causa (s) raiz do(s) problemas listados na pergunta nº 8 (pergunta nº 10 do questionário)	Soluções mitigadoras sobre problemas listados na pergunta nº 8 (pergunta nº 11 do questionário)
1-Planejador de manutenção A1	Falha no Planejamento da manutenção	Melhor qualificação da mão de obra. Melhorar o planejamento da manutenção.	Gestão inadequada do contrato de manutenção	Melhorar a gestão de contratação de serviços de manutenção
2-Gestor da manutenção B1	Falta de capacitação dos profissionais executantes das atividades	Treinamento e conscientização dos profissionais.	Falha no processo de aquisição de sobressalentes baseado no preço e não na qualidade dos materiais.	Implantar política de treinamento e qualificação da equipe de manutenção. Melhorar a gestão da qualidade dos padrões de manutenção.
	Falha no controle do tempo das fases de manutenção	Melhorar o controle dos índices de manutenção.		
3-Planejador de manutenção A2	Plano de manutenção inadequado	Melhorar a gestão da manutenção.	Falha de comunicação entre as áreas de apoio à função manutenção.	Planejamento estratégico da função manutenção pela alta direção organizacional
	Falha no planejamento do processo de aquisição de peças sobressalentes	Melhorar integração entre as áreas de apoio à função manutenção		
4-Gestor de materiais C1	Planejamento inadequado da manutenção	Melhorar a gestão de planejamento da manutenção	Ambiente de trabalho desagradável.	Resposta dada não atendeu ao objetivo da pesquisa
5-Coordenador de Qualidade D1	Falha no detalhamento das fases do reparo no planejamento da manutenção	Geração de padrões específicos para as etapas das atividades de manutenção	Conflito entre a gestão de contratos de manutenção e os requisitos técnicos operacionais da atividade de manutenção.	Melhorar a gestão da qualidade da manutenção e torná-la independente Qualificar os gestores de contrato de manutenção. Treinar equipe técnica da manutenção.
	Falta de procedimentos e padrões técnicos adequados a manutenção			
6-Gestor de contrato de manutenção B2	Desvios na operação dos equipamentos impactando o processo de manutenção	Plano de redução de desvios operacionais Melhorar a gestão de desenvolvimento de fornecedores de serviços de reparo.	Excesso de padrões e procedimentos para cumprir nos contratos de manutenção	Implantar plano de padrões de manutenção funcionais e realmente aplicáveis.
7-Engenheiro de manutenção E1	Gestão de contratação inadequada dos serviços de manutenção	Melhorar gestão da contratação de serviços de manutenção; Melhorar gestão da qualidade da manutenção.	Baixa qualidade dos serviços.	Melhorar gestão da qualidade dos serviços. Aumentar auditorias de qualidade dos serviços de manutenção.

Respondentes	Causa (s) raiz do(s) problemas listados na pergunta nº 1 (pergunta nº 3 do questionário)	Soluções mitigadoras sobre problemas listados na pergunta nº 1 (pergunta nº 4 do questionário)	Causa (s) raiz do(s) problemas listados na pergunta nº 8 (pergunta nº 10 do questionário)	Soluções mitigadoras sobre problemas listados na pergunta nº 8 (pergunta nº 11 do questionário)
8-Planejador de manutenção A3	Mão de obra não qualificada para execução das atividades de manutenção gerando falhas e atrasos no processo de manutenção	<p>Melhorar gestão de seleção e contratação de pessoal para atividade de manutenção.</p> <p>Melhorar gestão do contrato de manutenção.</p> <p>Implantar programa de treinamento para equipe das atividades de manutenção.</p> <p>Foco na melhoria da gestão da qualidade da manutenção.</p>	Falha na política de divulgação e treinamento do pessoal às regras e diretrizes da organização.	Melhorar a política de treinamento do pessoal às regras e diretrizes da organização.
9-Engenheiro de manutenção E2	Mão de obra não qualificada para execução das tarefas de manutenção	<p>Implantar política de treinamento específico para as atividades.</p> <p>Elaboração de procedimentos objetivos e claros às atividades de manutenção.</p>	Burocracia excessiva nos contratos de manutenção.	<p>Política de treinamento continuada da equipe.</p> <p>Reduzir burocracia nos contratos de manutenção.</p> <p>Gestão da manutenção descentralizada.</p>
10-Supervisor de qualidade D2	Falta de treinamento para o gestor de manutenção	Implantar treinamento para o gestor de manutenção	Gestão de QSMS ineficaz.	Implantar gestão de QSMS eficaz nos contratos de manutenção.
11-Gestor de materiais C2	Excessivo tempo de manutenção dos equipamentos ocasionado por elevado tempo na etapa de reparo dos componentes	<p>Aumentar rapidez da etapa de reparo da manutenção.</p> <p>Manter estoque estratégico de peças sobressalentes e componentes reparados.</p> <p>Implantação da política de engenharia de manutenção.</p>	<p>Falta de especialistas para as atividades de manutenção de equipamentos submarinos.</p> <p>Espaço físico inadequado para as atividades especializadas de manutenção.</p>	<p>Treinamento e especialização de profissionais para as atividades de manutenção.</p> <p>Gestão de desenvolvimento de fornecedores de peças sobressalentes.</p> <p>Treinamento e capacitação de equipe de aquisição de sobressalentes.</p>

Respondentes	Causa (s) raiz do(s) problemas listados na pergunta nº 1 (pergunta nº 3 do questionário)	Soluções mitigadoras sobre problemas listados na pergunta nº 1 (pergunta nº 4 do questionário)	Causa (s) raiz do(s) problemas listados na pergunta nº 8 (pergunta nº 10 do questionário)	Soluções mitigadoras sobre problemas listados na pergunta nº 8 (pergunta nº 11 do questionário)
12-Gestor de materiais C3	Contratos de manutenção com fornecedores exclusivos ocasionados por falha de gestão de desenvolvimento de fornecedores	Política adequada de desenvolvimento de fornecedores	Falha na gestão de contratação da manutenção gerando aditivos contratuais em excesso.	<p>Melhoria na gestão de contratação dos serviços de manutenção.</p> <p>Reduzir o nível de burocracia no contrato de manutenção.</p> <p>Fortalecer a manutenção como função estratégica.</p>
13-Supervisor de Qualidade D3	Falta de CQ para garantia da qualidade (disposições, projeto e especificações de engenharia) na etapa de reparo.	<p>Especializar a equipe da Gestão da qualidade da manutenção.</p> <p>Política de Função da qualidade da manutenção independente da produção</p>	Falta de política de qualidade da manutenção da alta direção.	Comprometimento da alta direção com a política da qualidade dos serviços da manutenção.
14-Gestor de contrato de manutenção B3	Relações conflituosas geradas por falta de liderança	Treinamento para capacitação do gestor da manutenção.	Política de gestão da manutenção inadequada.	Implantar programa de capacitação e treinamento dos gestores de manutenção.
15-Gestor de contrato de manutenção B4	Falta de política de manutenção preditiva	Implantar política de manutenção preditiva nos equipamentos submarinos.	Padrões e diretrizes corporativas engessadas no processo de aquisição de materiais	Desenvolver uma política de gestão de estoque estratégico de sobressalentes para manutenção.
16-Planejador de manutenção A4	Falha no apontamento de horas de execução das tarefas de manutenção	<p>Implantação de inventário, identificação, classificação e cadastro dos equipamentos no sist. Gerenciamento de manutenção.</p> <p>Política de treinamento para a equipe de gestão de materiais e planejamento de manutenção.</p> <p>Melhorar gestão de contratação de serviços de manutenção.</p>	Falta de comunicação e integração entre as áreas de apoio (logística, suprimentos, planejamento, produção, administração, etc...) da atividade de manutenção.	Política de treinamento das equipes das atividades ligadas a gestão da manutenção.

Respondentes	Causa (s) raiz do(s) problemas listados na pergunta nº 1 (pergunta nº 3 do questionário)	Soluções mitigadoras sobre problemas listados na pergunta nº 1 (pergunta nº 4 do questionário)	Causa (s) raiz do(s) problemas listados na pergunta nº 8 (pergunta nº 10 do questionário)	Soluções mitigadoras sobre problemas listados na pergunta nº 8 (pergunta nº 11 do questionário)
17-Engenheiro de manutenção E3	Gestão da manutenção inadequada	Foco da gestão da manutenção em Planejamento e capacitação da mão de obra. Planejamento da manutenção dos equipamentos. Implantar matriz de treinamento para equipe de manutenção.	Falta de mapeamento dos processos de manutenção.	Mapeamento das atividades do processo de manutenção. Padronização das atividades de manutenção.
18-Inspetor de qualidade D4	Falha na programação da manutenção	Resposta dada não atendeu ao objetivo da pesquisa	Falta de visão estratégica gerencial para atividade de manutenção.	Resposta dada não atendeu ao objetivo da pesquisa
19-Gestor de manutenção B5	Falha na elaboração do contrato de manutenção Falta de estrutura física e organizacional para execução do contrato de manutenção Contrato de manutenção não é aplicado na sua totalidade pelo cliente Gestão inadequada de desenvolvimento do fornecedor de serviços de manutenção	Melhorar Gestão de contrato de manutenção. Melhorar estrutura organizacional da empresa contratada. Criar plano de manutenção adequado à rapidez, custo e confiabilidade. Cria política de treinamento da equipe técnica e de gestão.	Política inadequada de desenvolvimento do fornecedor. A função manutenção não é vista como função estratégica organizacional	Contratar os serviços de manutenção por metas e objetivos e não pelo preço somente. Implantar política de desenvolvimento de fornecedores.
20-Gestor de qualidade D5	Política inadequada de contratação de serviços de manutenção e aquisição de equipamentos com os fornecedores Falta de estrutura de banco de dados de manutenção Falta interface entre o banco de dados de fabricação e de manutenção. Falta de estrutura de banco de dados de manutenção	Melhorar estrutura organizacional para atender contrato de manutenção. Melhorar a gestão de contratação de serviços de manutenção. Criar política de treinamento de pessoal de gestão da manutenção. Realizar auditorias nos fornecedores antes da contratação	Política ineficiente de contratação e gerenciamento do contrato de manutenção.	Melhorar política de contratação e gerenciamento do contrato de manutenção.

Respondentes	Causa (s) raiz do(s) problemas listados na pergunta nº 1 (pergunta nº 3 do questionário)	Soluções mitigadoras sobre problemas listados na pergunta nº 1 (pergunta nº 4 do questionário)	Causa (s) raiz do(s) problemas listados na pergunta nº 8 (pergunta nº 10 do questionário)	Soluções mitigadoras sobre problemas listados na pergunta nº 8 (pergunta nº 11 do questionário)
20-Gestor de qualidade D5	Falta interface entre o banco de dados de fabricação e de manutenção.	<p>Criar parcerias para desenvolvimento tecnológico com os fornecedores de equipamentos.</p> <p>Melhorar a gestão de contrato de manutenção.</p> <p>Implantar política de engenharia de manutenção.</p>		
21-Gestor de contrato de manutenção B6	Falhas operacionais dos equipamentos geradas por manutenção inadequada	Melhorar gestão da manutenção.	Gestão da manutenção sem foco na melhoria contínua dos processos de manutenção.	Implantar o processo de melhoria contínua na gestão da manutenção com apoio da alta administração.
22-Gestor de contrato de manutenção B7	Falha na contratação e qualificação de mão de obra	Melhorar processo de seleção e treinamento de pessoal.	Falta de cumprimento das normas e padrões técnicos e contratuais de manutenção.	Melhorar a gestão de contrato de manutenção.
23-Gestor de contrato de manutenção B8	Falha na formulação dos contratos de manutenção gerando dificuldades de interpretação	<p>Melhorar os processos de manutenção.</p> <p>Melhorar gestão de seleção de pessoal.</p>	Falha na gestão de desenvolvimento e contratação de fornecedores de equipamentos e serviços.	<p>Melhorar gestão do contrato de manutenção.</p> <p>Melhorar equipe de formulação dos contratos de manutenção.</p>

APÊNDICE E – QUADRO: DADOS DOS RESPONDENTES

		Função do profissional	Experiência na atividade de manutenção	Experiência na área de petróleo
01	A1	Planejador de manutenção	20 anos	04 anos
02	B1	Gestor de manutenção	05 anos	05 anos
03	A2	Planejador de manutenção	04 anos	05 anos
04	C1	Gestor de materiais	26 anos	13 anos
05	D1	Coordenador de Qualidade	13 anos	23 anos
06	B2	Gestor de contrato de manutenção	04 anos	05 anos
07	E1	Engenheiro de manutenção	06 anos	22 anos
08	A3	Planejador de manutenção	16 anos	08 anos
09	E2	Engenheiro de manutenção	33 anos	07 anos
10	D2	Supervisor de qualidade	09 anos	09 anos
11	C2	Gestor de materiais	25 anos	06 anos
12	C3	Gestor de materiais	25 anos	25 anos
13	D3	Supervisor de qualidade	20 anos	06 anos
14	B3	Gestor de contrato de manutenção	23 anos	05 anos
15	B4	Gestor de contrato de manutenção	20 anos	05 anos
16	A4	Planejador de manutenção	09 anos	05 anos
17	E3	Engenheiro de manutenção	13 anos	05 anos
18	D4	Inspetor de qualidade	18 anos	12 anos
19	B5	Gestor de manutenção	06 anos	11 anos
20	D5	Gestor de qualidade	30 anos	30 anos
21	B6	Gestor de manutenção	10 anos	06 anos
22	B7	Gestor de contrato de manutenção	25 anos	09 anos
23	B8	Gestor de contrato de manutenção	20 anos	06 anos

Área de atuação na função manutenção	Quantidade de profissionais da amostra da pesquisa
Gestão de planejamento da manutenção	04
Gestão da manutenção	08
Gestão de materiais	03
Gestão da qualidade	05
Engenharia da manutenção	03
Total de respondentes	23

APÊNDICE F – QUADRO: DADOS DO RESULTADO DA ATIVIDADE GARGALO DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO

Nº	Respondente	Gargalo do Processo de manutenção	Etapa Gargalo do diagrama de rede de manutenção
01	A1	Aquisição de peças	C
02	B1	Desmontagem	A
03	A2	Aquisição de sobressalentes	C
04	C1	Aquisição de peças	C
05	D1	Desmontagem e Relatório de Avarias	A e B
06	B2	Reparo e montagem	C e D
07	E1	Aquisição de sobressalentes	C
08	A3	Relatório de Inspeção de recebimento	A
09	E2	Aquisição de peças, reparo e teste final.	C e D
10	D2	Reparo e teste final	C e D
11	C2	Reparo	C
12	C3	Aquisição de peças	C
13	D3	Aquisição de peças	C
14	B3	Relatório de avarias	B
15	B4	Reparo e aquisição de materiais	C
16	A4	Aquisição de peças	C
17	E3	Aquisição de peças	C
18	D4	Planejamento do reparo	C
19	B5	Reparo e aquisição de materiais	C
20	D5	Aquisição de peças	C e D
21	B6	Aquisição de materiais	C
22	B7	Reparo e aquisição de materiais	C
23	B8	Relatório de avarias	B

Etapa do diagrama de rede de manutenção	A	B	C	D
Nº respostas sobre o gargalo do processo	03	03	18	04

Gargalos da etapa C do diagrama de rede	Aquisição de peças	Reparo
Quantidades citadas dos gargalos pelos respondentes	14	08

APÊNDICE G – QUADROS: AÇÕES PROPOSTAS PARA SUPLANTAR OS OBSTÁCULOS DOS OBJETIVOS INTERMEDIÁRIOS DA APR

Objetivo fundamental a ser atingido relativo à APR 01 e 02: 106- A função manutenção é uma estratégia da organização visível e de alta importância		
Obstáculos	Ações para suplantar os obstáculos	Comentários específicos sobre os obstáculos
Falta gestor de contrato de manutenção qualificado	<p>(1) Contratar profissionais com formação e experiência adequadas às exigências necessárias ao gestor de manutenção: experiência de no mínimo três anos em manutenção de equipamentos submarinos; formação em engenharia e/ou administração com conhecimento nas áreas tributária, direito, negociação e gestão de contratos de manutenção e engenharia submarina.</p> <p>(2) Instituir programa de formação, capacitação e treinamento do gestor de contrato de manutenção, mapeando as lacunas existentes.</p>	Há dificuldade para achar profissionais no mercado que preencham os requisitos necessários para o gestor de contrato de manutenção, e mesmo encontrando, existem lacunas em áreas tais como tributária, contábil, direito, gestão de materiais, gestão da qualidade e gestão da manutenção.
Uso de contrato padrão como um paradigma e ausência de profissionais técnicos de manutenção na equipe de contrato	<p>(3) Contratar profissionais especialistas em negociação e elaboração de contratos de manutenção, com conhecimento técnico em manutenção de equipamentos submarinos, bem como nas atividades de apoio à manutenção.</p> <p>(4) Implantar sistemática padronizada para o gestor de manutenção lançar as falhas encontradas nos contratos, bem como as sugestões de melhorias, com interface de fácil visualização para a equipe de elaboração e negociação do contrato de manutenção, buscando evitar erros recorrentes e melhorando continuamente os contratos futuros.</p> <p>(5) Implantar equipes de elaboração e negociação de contratos de manutenção multifuncionais, com experiência tanto na área técnica como administrativa, evitando o paradigma de utilização de contrato padrão de manutenção.</p>	No geral, a equipe de elaboração e negociação do contrato de manutenção não possui profissionais com conhecimento na área técnica, utilizando anexo técnico contratual padrão, resultando em falhas e erros durante a vigência do contrato.
Fraca avaliação da estrutura organizacional do fornecedor na contratação para gestão do contrato de manutenção	(6) Implantar avaliação de desempenho sistematizada e com metas e objetivos a serem alcançados, com critérios que efetivamente possam medir a estrutura da organização contratada, tais como: segurança, meio ambiente e saúde; qualidade do serviço de manutenção; disponibilidade e confiabilidade na manutenção.	Há um boletim de avaliação de desempenho do fornecedor aplicado durante a vigência do contrato de manutenção, todavia, não possui uma sistemática clara, e por isso não é confiável, além de não ser utilizado pela equipe de contratação.

Objetivo fundamental a ser atingido relativo à APR 01 e 02: 106- A função manutenção é uma estratégia da organização visível e de alta importância		
Obstáculos	Ações para suplantar os obstáculos	Comentários específicos sobre os obstáculos
	(7) Criar um programa que tenha a lista dos fornecedores no banco de dados com as notas de desempenho para cada critério avaliado. O <i>ranking</i> deve servir de base para a contratação, privilegiando os melhores.	
Não há o fluxograma modelado do processo de manutenção detalhado	(8) Implantar grupo de trabalho para mapear detalhadamente os processos e atividades do contrato de gestão de manutenção com responsáveis e prazos definidos. (9) Criar um fluxograma completo do processo do contrato de manutenção de equipamentos submarinos por intermédio de um programa de modelagem de processos de negócios (BPMN). (10) Apresentar, esclarecer e disponibilizar o fluxograma de processo de manutenção à equipe.	A equipe não possui conhecimento do fluxograma completo de processo da manutenção.
Elevado uso de recursos para o contrato de manutenção se adequar ao ERP e não o contrário	(11) Implantar equipe de tecnologia da informação interfaciando com o gestor da manutenção para adequar a gestão do contrato de manutenção ao ERP da organização, visando otimizar o uso de recursos. (12) Implantar programa de capacitação e treinamento da equipe no uso dos recursos disponíveis do ERP em prol da gestão da manutenção adequada.	Há vários recursos no sistema de gerenciamento da manutenção do ERP (<i>Enterprise Resource Planning</i>) não utilizados por falta de conhecimento dos integrantes da equipe, tais como emissão de relatórios para análise gerencial e controle da manutenção.
Aplicação das políticas de manutenção preventiva e corretiva como um paradigma na gestão da manutenção de equipamentos submarinos	(13) Contratar gestores de manutenção com experiência em aplicação das políticas e melhores práticas da manutenção moderna, visando quebrar o paradigma da gestão de manutenção petrolífera de aplicar somente as políticas de manutenção corretiva e preventiva. (14) Implantar programa de capacitação e treinamento da equipe em Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), Manutenção Produtiva Total (MPT) e utilização das ferramentas FMEA e RCFA, visando aplicá-los na gestão de manutenção de equipamentos.	Após coleta e análise dos dados obtidos do formulário da pesquisa conclui-se que somente as políticas de manutenção corretiva e preventiva são aplicadas no contrato de manutenção de equipamentos submarinos.

Objetivo fundamental a ser atingido relativo à APR 01 e 02: 106- A função manutenção é uma estratégia da organização visível e de alta importância		
Obstáculos	Ações para suplantar os obstáculos	Comentários específicos sobre os obstáculos
Plano estratégico para capacitação do profissional sem o detalhamento adequado e má comunicação e integração entre a gestão de manutenção e gestão de pessoas	(15) Implantar programa sistemático de capacitação e treinamento dos profissionais de manutenção, mapeando as necessidades de cada função na gestão da manutenção. (16) Melhorar o canal de comunicação entre a gestão da manutenção e a gestão de pessoas para construção de matriz de treinamento planejada e eficaz da equipe.	
Não há programa de treinamento planejado e consistente para a equipe e apoio à manutenção	(17) Implantar programa de capacitação e treinamento da equipe e construir matriz de treinamento planejada e sistemática, visando preencher as lacunas existentes na equipe e apoio à manutenção.	
Falta treinamento para equipe de planejamento e há serviços demandados com urgência em excesso provocando falha no planejamento	(18) Incluir equipe de planejamento da manutenção no programa de treinamento planejado visando preencher as lacunas cujas consequências geram falha no planejamento da manutenção. (19) Atender prioritariamente a programação da manutenção, limitando as urgências não planejadas na programação. (20) Criar plano claro de contingência da manutenção. (21) Criar modelagem do processo de programação da manutenção e inserir no padrão de programação da manutenção.	O lançamento dos serviços de manutenção no sistema de gerenciamento da manutenção do ERP é uma das principais falhas no planejamento da manutenção.
Inconsistência na revisão dos planos de manutenção aliada à falta de equipe técnica especializada para elaborar e revisar os planos	(22) Implantar grupo de trabalho técnico especializado para elaboração e revisão dos planos de manutenção dos equipamentos que não possuem plano e/ou careçam de revisão. (23) Incluir matriz de treinamento para elaboração e revisão de plano de manutenção no programa de capacitação e treinamento planejado da manutenção. (24) Criar sistemática de revisão e aprovação dos planos de manutenção pela equipe.	

Objetivo fundamental a ser atingido relativo à APR 03: 75- Política de desenvolvimento adequada de fornecedores de equipamentos e de serviços de manutenção.		
Obstáculos	Ações para suplantar os obstáculos	Comentários específicos sobre os obstáculos
Não há sistemática consistente de avaliação do fornecedor de serviço de manutenção	Aplicar ação (6).	
Paradigma de contratação pelo menor preço do serviço prestado	(25) Implantar política de contratação de serviços de manutenção orientada para a qualidade do serviço e a otimização do custo de contratação. Aplicar ação (6). Aplicar ação (7).	
Poucos fornecedores de reparo no mercado especializados e qualificados	(26) Criar política de desenvolvimento de fornecedores de reparo da manutenção. (27) Instituir equipe de inspeção de equipamentos qualificada para realizar inspeção de qualidade nos processos dos fornecedores, evitando retrabalhos na inspeção final de qualidade. (28) Inserir equipe da gestão de qualidade na matriz de treinamento planejada do programa de capacitação e treinamento sistemático, visando preencher as lacunas existentes.	
Falta definição clara e consistente das metas de controle da manutenção	(29) Definir metas e índices claros e quantificáveis de controle da gestão da manutenção. (30) Implantar sistemática de monitoramento e controle das metas de manutenção para a equipe de planejamento e controle da manutenção (PCM). (31) Instituir reuniões periódicas com a equipe de gestão de contrato da manutenção para apresentação dos resultados e esclarecimento das metas e índices de controle da manutenção.	Há inexistência de metas claras e índices de controle da manutenção na gestão da manutenção de equipamentos submarinos.
Não há integração entre a equipe de manutenção e sistema de fabricação e manutenção	(32) Criar interface entre o sistema de gerenciamento da manutenção e o sistema de gerenciamento do desenvolvimento do produto por intermédio do ERP para que ambas as equipes possam ter acesso às informações e o histórico da manutenção e fabricação do equipamento.	A inexistência dessa interface não permite que a gestão de desenvolvimento do produto visualize o histórico e os dados de manutenção necessários para desenvolver o produto pensando na melhoria da manutenção, visando assim atender o cliente com mais rapidez e menor custo.

Objetivo fundamental a ser atingido relativo à APR 03: 75- Política de desenvolvimento adequada de fornecedores de equipamentos e de serviços de manutenção.		
Obstáculos	Ações para suplantar os obstáculos	Comentários específicos sobre os obstáculos
	(33) Implantar um canal de comunicação de fácil acesso entre as equipes de desenvolvimento do produto e gestão da manutenção, visando preencher as lacunas existentes.	Por outro lado, a gestão da manutenção não visualiza o histórico e os dados de fabricação do produto, visando melhorar os padrões de manutenção e usar as normas aplicáveis nas instruções de trabalho da manutenção.
Falta definição de prazo por atividade de reparo e há dificuldade de atuação do CQ (Controle de Qualidade) do cliente nos fornecedores	(34) Estabelecer prazos para atendimento às atividades de reparo no anexo técnico do contrato de manutenção. (35) Monitorar o tempo de atendimento dos serviços de reparo para descobrir as atividades gargalo e aplicar os cinco passos da TOC das restrições físicas. (36) Instituir equipe de inspeção de qualidade especializada para acompanhar as atividades da etapa de reparo da manutenção, visando corrigir o processo de reparo como um todo.	
Alto custo de instalação de apontamento informatizado de horas-homen e horas-máquina em comparação ao apontamento manual	(37) Aquisição de aparelhos de apontamento de horas-homen e de máquinas com apontamento de horas-máquina informatizado, visando melhorar o PCM e o monitoramento, controle e análise dos índices da gestão da manutenção.	Confiabilidade baixa dos dados do tempo de execução das atividades de montagem, desmontagem e teste e do tempo de operação efetiva das máquinas da produção, pois são lançadas manualmente pelos executantes e operadores das máquinas, comprometendo os relatórios de controle.

Objetivo fundamental a ser atingido relativo à APR 04: 29- Alta administração comprometida com a gestão da qualidade na manutenção		
Obstáculos	Ações para suplantar os obstáculos	Comentários específicos sobre os obstáculos
Reduzido contingente de profissionais de inspeção para o controle de qualidade e falta de treinamento adequado	(38) Inserir equipe da gestão de qualidade na matriz de treinamento planejada do programa de capacitação e treinamento sistemático, visando preencher as lacunas existentes. (39) Contratar profissionais de inspeção de qualidade suficientes para capacitá-los e treiná-los no programa de treinamento sistemático com foco em manutenção de equipamentos submarinos de petróleo.	É fundamental o comprometimento e apoio da alta administração na gestão da qualidade da manutenção, visando aplicar efetivamente as ações necessárias para quebrar os obstáculos.
Téc. Inspeção com acesso restrito às normas e padrões devido à política de segurança da informação.	(40) Permitir o acesso dos técnicos de inspeção ao canal de consulta às normas e padrões na intranet por meio de login e senha individual de acesso. (41) Apresentar a política de segurança da informação da empresa à equipe, bem como as penalidades cabíveis em caso de uso indevido.	O acesso restrito aos inspetores às normas e padrões necessários para análise dos relatórios das atividades implica em atraso no parecer técnico e análise dos relatórios oriundos da manutenção.
Inexistência de sistemática para aplicação das normas e padrões nas atividades de manutenção	(42) Implantar sistemática para aplicação das normas e padrões técnicos mandatórios nas atividades da manutenção de equipamentos submarinos. (43) Sistematizar a elaboração e revisão dos padrões das atividades da manutenção, tais como os procedimentos de montagem, desmontagem e teste, bem como as instruções de trabalho (IT's) para as atividades de manutenção.	
Não há sistemática de revisão definida e clara dos padrões	(44) A sistemática deve ser planejada, contínua e periódica, de maneira que o profissional possa efetivamente aplicar suas idéias para as melhorias e as revisões das atividades e tarefas por meio dos padrões. Aplicar ação (43)	
Alto custo para manter o profissional de inspeção qualificado e ausência de padronização sistematizada	(45) Implantar programa de incentivo da empresa para a qualificação do profissional de qualidade.	

Objetivo fundamental a ser atingido relativo à APR 04: 29- Alta administração comprometida com a gestão da qualidade na manutenção		
Obstáculos	Ações para suplantar os obstáculos	Comentários específicos sobre os obstáculos
	<p>(46) Contratar todos os profissionais qualificados exigidos para atender o contrato de manutenção, tais como inspetor de solda, inspetor dimensional, inspetor de ultrassom, LP, PM, radiografia e outras qualificações necessárias.</p> <p>(47) Implantar sistemática planejada e continuada para a padronização de todas as atividades do processo de manutenção.</p>	
Cultura do profissional no uso de ferramenta improvisada e ausência de sistemática para avaliação e aprovação de ferramenta pela engenharia	<p>(48) Criar sistemática para análise e parecer das equipes de engenharia e segurança do trabalho em desenvolvimento e fabricação de ferramentas cujo uso facilite as fases de desmontagem e montagem da manutenção.</p> <p>(49) Padronizar processo de desenvolvimento de ferramentas que reduzem o tempo da manutenção de maneira segura para o trabalhador.</p>	Os mecânicos criam ferramentas denominadas "improvisadas" com o intuito de buscar alternativas para realizar montagem e desmontagem de itens de difícil acesso do equipamento e reduzir o tempo do serviço, porém não há uma análise e aprovação prévia da equipe de engenharia e segurança do trabalho quanto à ergonomia e segurança do trabalhador.
Engenharia focada somente em desenvolvimento de produto e inexistência de treinamento e padrão para gerar RA de manutenção	<p>(50) Padronizar e sistematizar o processo de execução do delineamento dos serviços pós-desmontagem para emissão de um relatório de avarias adequado do equipamento.</p> <p>(51) Inserir o treinamento para delineamento dos serviços da manutenção à equipe de inspeção de equipamentos e engenharia na matriz de treinamento do programa de capacitação e treinamento da equipe.</p>	Há falhas no processo de execução da etapa de delineamento dos serviços de manutenção gerando um relatório de avarias (RA) sem o detalhamento adequado e com erros.

Objetivo fundamental a ser atingido relativo à APR 05: 16- Política organizacional flexível de aquisição de sobressalentes		
Obstáculos	Ações para suplantar os obstáculos	Comentários específicos sobre os obstáculos
Não há segregação de materiais em uso e obsoletos e falta treinamento adequado para a equipe	(52) Incluir a equipe de gestão de materiais no programa de treinamento planejado visando preencher as lacunas existentes na função manutenção. (53) Sistematizar e padronizar o processo de segregação e alienação dos materiais com regras e diretrizes claras e funcionais, visando melhorar a gestão de materiais.	
Alto custo para preservação e conservação de equipamentos armazenados	(54) Implantar sistemática para preservação, conservação e identificação dos materiais e equipamentos, visando eficácia e otimização dos custos.	
Sistemática de aquisição de materiais centralizada demandando tempo excessivo para atendimento	(55) Implantar um processo sistemático de aquisição de sobressalentes flexível e descentralizado, visando mais rapidez e qualidade no processo de manutenção. (56) Reduzir o processo de aquisição de peças por intermédio da inserção de sobressalentes necessários à manutenção na planilha listada no contrato de manutenção. (57) Inserir o treinamento de emissão de pedido de material (PM) conforme padrão de descrição do material (PDM) para a equipe de engenharia e inspeção, visando minimizar os erros gerados na etapa de análise do PM pela equipe de aquisição de materiais.	Após a coleta e análise dos dados obtidos do formulário da pesquisa conclui-se que a etapa C foi considerada a restrição física do processo de manutenção e o processo de aquisição de peças foi considerado a atividade gargalo da etapa C.
Itens sobressalentes estratégicos não mapeados no sistema de gerenciamento da manutenção	(58) Mapear os sobressalentes estratégicos por meio dos dados obtidos do histórico de manutenção no sistema de gerenciamento da manutenção. (59) Implantar um estoque estratégico de sobressalentes mais usados na manutenção de equipamentos submarinos.	

Objetivo fundamental a ser atingido relativo à APR 05: 16- Política organizacional flexível de aquisição de sobressalentes		
Obstáculos	Ações para suplantar os obstáculos	Comentários específicos sobre os obstáculos
Inexistência de levantamento de necessidades das ferramentas de trabalho	(60) Levantar as necessidades de ferramentas de trabalho para a equipe de aquisição de materiais. (61) Disponibilizar as ferramentas de trabalho necessárias para a equipe de aquisição de sobressalentes da manutenção.	
Qualidade comprometida devido à política de aquisição pelo menor preço	(62) Implantar uma política de aquisição de sobressalentes da manutenção orientada a atender as especificações técnicas, durabilidade, qualidade do material e otimização do custo de aquisição. (63) Incluir a análise técnica dos materiais na matriz de treinamento do programa de capacitação e treinamento para que o analista de materiais possa efetuar o parecer técnico com agilidade e eficácia.	
Não há definição de prazos para os fornecedores da fabricação de itens críticos para atendimento na etapa de reparo da manutenção	(64) Mapear os itens críticos do conjunto e subconjunto dos equipamentos cuja fabricação é necessária para fornecimento na etapa do reparo. (65) Inserir prazos para atendimento dos itens críticos no contrato de manutenção de equipamentos submarinos de petróleo.	Um dos gargalos da etapa de reparo da manutenção é o tempo excessivo no atendimento do item por causa do longo tempo de fabricação do sobressalente pelo fornecedor.
Restrição de acesso da equipe de compras aos fornecedores e à consulta de catálogos técnicos de materiais devido à política de ética da empresa	(66) Sistematizar um canal de acesso e consulta informatizado fácil e seguro à equipe de compras aos fornecedores e catálogos técnicos, com senha de acesso atendendo a política de ética e segurança da informação da empresa. (67) Implantar lista de fornecedores na intranet da empresa com suas respectivas avaliações quanto aos fatores de desempenho: preço, rapidez, confiabilidade, qualidade e flexibilidade.	É necessário haver a possibilidade de o usuário realizar a comparação entre os fornecedores disponíveis na lista disponível na intranet da empresa em relação aos fatores de desempenho.
Excessivos erros de descrição dos materiais nas NF's	(68) Incluir matriz de treinamento para descrição correta dos materiais nas notas fiscais no programa de capacitação e treinamento para a equipe de recebimento e emissão de notas fiscais. (69) Sistematizar e padronizar fluxo de recebimento, descrição e emissão de notas fiscais dos materiais e equipamentos.	

APÊNDICE H – DESCRIÇÃO SUCINTA DOS EQUIPAMENTOS SUBMARINOS

1 - Breve histórico da Exploração e Produção (E&P) de Petróleo e Gás (P&G) no Brasil

O início da década de setenta marcou o primeiro grande resultado na busca por óleo e gás acumulados na plataforma continental brasileira, a Bacia de Campos no Rio de Janeiro, descoberta pela estatal nacional Petrobras. Nessa década, o efeito do aumento do preço do óleo mundial ocasionado pelos choques do petróleo, em 1973 e 1979, tornou a produção *offshore* viável economicamente (BNDES, 2012).

O conhecimento sobre o histórico das principais descobertas e marcos da exploração e produção costeira de óleo e gás do país auxilia no entendimento sobre o desenvolvimento do segmento de E&P *offshore* nacional, intimamente ligado à evolução das atividades de perfuração em laminais d'água mais profundas.

Segundo Costa et. al. (2003) a atividade exploratória na Bacia de Campos pode ser dividida em quatro importantes fases. A primeira, no período entre 1968 a 1974, com treze poços exploratórios perfurados com uso de sísmica⁷ bidimensional (2D). Entretanto, os primeiros sinais de óleo surgiram em 1972 em laminais d'água (LA) de 58m, porém não comercial. A descoberta de óleo comercial ocorreu em 1974 em LA de 124m no Campo denominado Garoupa.

A segunda fase, de 1974 a 1984, utilizou sísmica 2D e tridimensional (3D) em 345 poços exploratórios. Foram realizadas 27 descobertas, incluindo o Campo gigante de Albacora, além da transposição do limite de LA de mergulho de 300m.

A terceira fase que perdurou até o final da década de oitenta, foi caracterizada pelo intenso uso de sísmica 3D e o avanço dos estudos de reservatórios⁸ de petróleo, levando a descoberta de vinte novos Campos, tais como: Marlim, Albacora Leste, Marlim Sul, Marimba e Malhado.

⁷ Sísmica de exploração de hidrocarbonetos ou método sísmico visa modelar as condições de formação e acumulação de hidrocarbonetos na região geográfica em estudo.

⁸ Formação rochosa permeável, porosa ou fraturada, em subsuperfície, contendo hidrocarbonetos em fase contínua, em quantidade e qualidade com aproveitamento econômico e de exploração tecnologicamente viável.

A quarta fase com a evolução da tecnologia de interpretação de sísmica 3D e novos poços exploratórios, fronteiras se abriram por causa da redução de custos de exploração, com a descoberta do Campo gigante de Barracuda e outros como: Caratinga, Marlim Leste, Espadarte, Roncador, Jubarte e Cachalote. Um marco dessa fase foi o início das atividades de exploração e produção em águas ultraprofundas, transpondo o limite de LA de 1000m no Campo de Marlim.

Com a criação da Lei do Petróleo (Lei 9.478/97), abriu-se espaço para que outras operadoras realizassem atividades de E&P no Brasil por meio de contratos de concessão de blocos de petróleo adquiridos através de rodadas de licitação organizados pela ANP. Isso contribuiu para alavancar o mercado de fornecedores de bens e serviços de E&P. Atualmente há 62 empresas com algum tipo de participação nos blocos de exploração, ainda que de forma minoritária, e 28 operadoras de petróleo. No entanto, a Petrobras continua a ser responsável, no presente, por grande parte da produção de P&G no país (BNDES, 2012).

Após o ano 2000, iniciou-se uma nova fase das atividades de E&P no país, onde regiões ainda mais profundas foram alcançadas com a evolução tecnológica de exploração, atingindo LA de 3000m. Em 2007 confirmou-se por meio da Petrobras a descoberta de acumulações gigantescas de óleo e gás na camada de pré-sal⁹ da costa brasileira.

Segundo Sant'Anna (2010), estimativas apontam reservas aproximadas em oito bilhões de barris, somente nos Campos de Tupi e Iara, representando um incremento de 60% das reservas nacionais. A distância das reservas até a costa e suas características geológicas torna a camada pré-sal um desafio devido os vultosos investimentos necessários para transpassar as barreiras logísticas e tecnológicas envolvidas.

⁹ Camada da crosta oceânica com espessura entre 1.000 e 2.000 m, constituída por um tipo de rocha formada exclusivamente de sal petrificado, comprimido sob outras lâminas menos densas, cujas condições são propícias para a acumulação e o aprisionamento de óleo e gás.

2 - Fases da vida de um sistema de produção de P&G

Segundo Ribeiro (2004), quatro são as fases da vida de um sistema de produção de P&G: exploratória, desenvolvimento, produção e abandono. A seguir uma descrição sucinta das fases.

A fase exploratória é a primeira fase de vida de um campo de petróleo e gás, iniciando com a aquisição dos direitos de exploração por parte da operadora ou *joint venture*¹⁰ de uma área por meio de processo licitatório, junto a ANP. Essa fase é baseada em levantamentos sísmicos, perfuração e avaliação de poços exploratórios. Em caso de sucesso, é necessária a elaboração de um EVTE (Estudo de Viabilidade Técnico e Econômico) para comprovar a viabilidade ou não de desenvolver e explorar o bloco e adquirir o direito de explorar ou a obrigação de devolução da área ao agente regulador.

A segunda fase da vida de um campo é o desenvolvimento, composto pelo planejamento detalhado do projeto e sua implantação. É um processo complexo para os campos em águas profundas e ultraprofundas, envolvendo atividades de construção dos poços, construção da unidade marítima de produção, lançamento de linhas, instalação de equipamentos submarinos, interligação dos subsistemas e o comissionamento para partida do sistema de produção.

O primeiro óleo produzido comercialmente já caracteriza a terceira fase com os poços e subsistemas ou parte deles instalados. Em geral, a fase de produção pode durar de 5 a 25 anos, dependendo da dinâmica dos reservatórios de petróleo e gás. Ao longo do tempo ocorre elevação da produção de água, da produção de gás associado e a redução da produção de óleo, cujas ações de manutenção e melhorias são necessárias para garantir o escoamento de óleo.

A quarta e última fase de vida de um campo é caracterizada pelo abandono definitivo dos poços e demais subsistemas e unidades marítimas. É um processo tecnicamente difícil e muito oneroso para as operadoras com campos marítimos maduros em finais de vida.

¹⁰ *Joint venture* ou empreendimento conjunto é uma associação de empresas, definitiva ou não, com fins lucrativos, para explorar determinado(s) negócio(s), sem a perda de personalidade jurídica. Difere da sociedade comercial porque se relaciona a um projeto cuja associação é dissolvida automaticamente após o seu término.

O desenvolvimento, sobretudo a instalação e a interligação de equipamentos submarinos é a fase da vida de um sistema de produção explorada nas próximas seções.

3 - Sistemas submarinos

O sistema submarino é composto de três tipos de subsistemas: (i) equipamentos submarinos; (ii) linhas submarinas; e (iii) sistemas de controle e alimentação. O Sistema de Cabeça de Poço Submarino (SCPS) e o conjunto Árvore de Natal Molhada (ANM) destacam-se entre os equipamentos submarinos. As linhas flexíveis e os umbilicais são os principais componentes das linhas submarinas. No sistema de controle e alimentação, os elementos básicos compõem a Unidade Elétrica e Hidráulica e a Estação de Controle, mesmo que se encontrem nas unidades de produção e não submersas.

Várias configurações podem ser dispostas pelos sistemas submarinos, desde um único poço ligado a unidade de produção até outras de maior complexidade no qual diversos poços são interligados a unidade de produção por meio de um coletor (*manifold*) instalado no leito submarino. Essa configuração denominada de arranjo ou *layout* submarino é conceituada como a escolha dos equipamentos utilizados e a maneira pelo qual serão dispostos. O resultado desse processo de otimização envolve muitas variáveis, tais como: (i) número e posicionamento dos poços; (ii) comprimento e diâmetro das linhas de produção e escoamento; (iii) posicionamento da unidade de produção; (iv) tipo de ancoragem da unidade de produção; (v) meios de instalação; (vi) perfil de produção; e (vii) meios de elevação artificial necessários.

Segundo Tavares et al. (2008) os equipamentos básicos de um sistema submarino são:

- Sistema de Cabeça de Poço Submarino (SCPS);
- Árvore de Natal Molhada (ANM);
- Dutos submarinos;
- Manifold submarino;

- PLEM (*Pipeline End Manifold*) e PLET (*Pipeline End Terminator*).

4 - Sistema de Cabeça de Poço Submarino (SCPS)

Os equipamentos da cabeça de poço submarinos têm a função de suportar ou fixar os elementos e internos da coluna de produção do poço de petróleo, sustentar o peso dos revestimentos do poço, resistir aos esforços dos *riser* e fornecer vedação para o BOP¹¹ (*Blowout Preventer*), BAP (Base Adaptadora de Produção) e ANM. O SCPS é composto de um conjunto dos equipamentos e de ferramentas utilizadas em Unidades Flutuantes ou fixas com o objetivo de descer, assentar, cimentar e vedar os revestimentos de um poço submarino.

De acordo com Thomas et al. (2004) a cabeça de poço é ligada à coluna de produção pelo seu flange inferior e à ANM pelo flange superior, permitindo o acesso à coluna de produção em operações de perfuração, completação, intervenção e teste do poço de petróleo.

Os principais equipamentos do SCPS são: (i) Alojador de baixa pressão; (ii) Alojador de alta pressão; (iii) Bucha Nominal cuja função é proteger o interno da Alojador de alta pressão; (iv) Bucha de desgaste cuja função básica é proteger a parte interna do Suspensor de revestimento; (v) Conjunto de vedação Universal (CVU) ou *Packoff* que veda o anular entre o Suspensor de revestimento e o Alojador de alta pressão; (vi) Conjunto de vedação de emergência (CVE); (vii) Suspensor de revestimento cuja função é descer o revestimento intermediário e de produção assentando-os no alojador; e (viii) Espaçador de vedação de emergência (EVE).

Para instalar cada equipamento do SCPS no poço há várias ferramentas utilizadas para realizar a transição entre a coluna de assentamento e o equipamento a ser descido.

¹¹ *Blowout Preventer* é um equipamento composto de válvulas para vedar e controlar o óleo e gás provenientes do poço. São desenvolvidos para trabalhar em condições extremas de pressão e fluxo descontrolado da formação durante a fase de perfuração.

5 - Árvore de Natal Molhada (ANM)

A ANM é um equipamento composto por um conjunto de válvulas do tipo gaveta, linhas de fluxo e elementos de controle instalados sobre a cabeça de poço submarina. Sua função básica é controlar a vazão dos fluidos produzidos do poço à Unidade de Produção, além da vazão de água ou gás de injeção nos poços provenientes da plataforma marítima.

Um resumo histórico sobre a evolução da ANM no cenário nacional, segundo Ribeiro (2004), é fundamental para entender a importância desse equipamento para a área de E&P. O principal determinante nesse contexto histórico foi o avanço da profundidade de LA na costa brasileira.

A primeira versão da ANM foi denominada DO (*Driver Operated*) operada por mergulhadores em águas rasas de até 100 m. As Unidades Flutuantes, Semissubmersíveis (SS) e Navios Sonda (NS), usavam cabos guia e BOP submarino.

A necessidade de elevação da segurança dos mergulhadores e da confiabilidade da ANM surgiu com aumento da LA. A segunda versão denominada DA (*Driver Assisted*) passou a ser assistida por mergulhadores nas conexões e desconexões de linhas quando a LA atingia até 200m. Unidades SS e NS ancoradas com cabos guia realizavam as operações de completação e perfuração.

Ao superar o limite do mergulho de LA de 300 m a ANM evoluiu para a versão DL (*Driver Less*). A primeira versão foi denominada DLP (*Driver Less Pull in*) e a evolução dessa versão DLL (*Driver Less Lay away*). As sondas ancoradas faziam uso de cabos guia que guiavam a ANM durante instalação na cabeça de poço sendo denominada ANM GL (*Guide Line*).

Com o aumento da LA maiores esforços do mar sobre os cabos guias foram produzidos, surgindo as sondas de posicionamento dinâmico ou DP (*Dynamic Positioning*) como solução, que não utilizavam cabo guia. O desenvolvimento de ANM GLL (*Guide Line Less*) possuindo funis com cavidades de orientação substituíram o cabo guia.

As primeiras versões de ANM somente podiam ser assentadas após as conexões das linhas de produção e linhas de controle, isto é, a completação era interrompida e a instalação das linhas executada antes da instalação da ANM. O aumento da demanda e dos custos das atividades de E&P junto com a redução da disponibilidade de linhas e sondas levou ao desenvolvimento de novos modelos de ANM com maior flexibilidade operacional e maior confiabilidade. Surge assim a geração de ANM GLL com módulo de conexão vertical (MCV) independente.

Atualmente, o modelo de ANM GLL com três módulos MCV é o mais utilizado para águas profundas e ultraprofundas, sendo aplicado um MCV para a linha de produção, outro para a linha de anular e o terceiro para o umbilical eletro-hidráulico. Este recurso permite também mais rapidez no lançamento e conexão de linhas e redução de carga para cada conexão.

A Árvore de Natal Molhada, sendo o elemento de transição entre o poço e o sistema submarino de produção, possui o controle do fluxo de produção do fluido do poço, além do monitoramento dos parâmetros de pressão, temperatura e volume do óleo e outros elementos da formação para a produção e segurança da plataforma de produção de petróleo.

A ANM É classificada quanto à disposição da válvula de controle da produção como verticais e horizontais. Nas verticais ou convencionais, as válvulas estão alinhadas com a coluna de produção. Nas horizontais, as válvulas ficam paralelas ao poço, facilitando o acesso à coluna sem necessidade de intervenção. Devido à facilidade de intervenção, a ANM horizontal possui custo bem maior que a ANM convencional.

A Figura H.1 ilustra uma ANM do tipo GLL vista em corte lateral utilizada nas operações de completação submarina em lâmina d'água de até 1800m de profundidade.

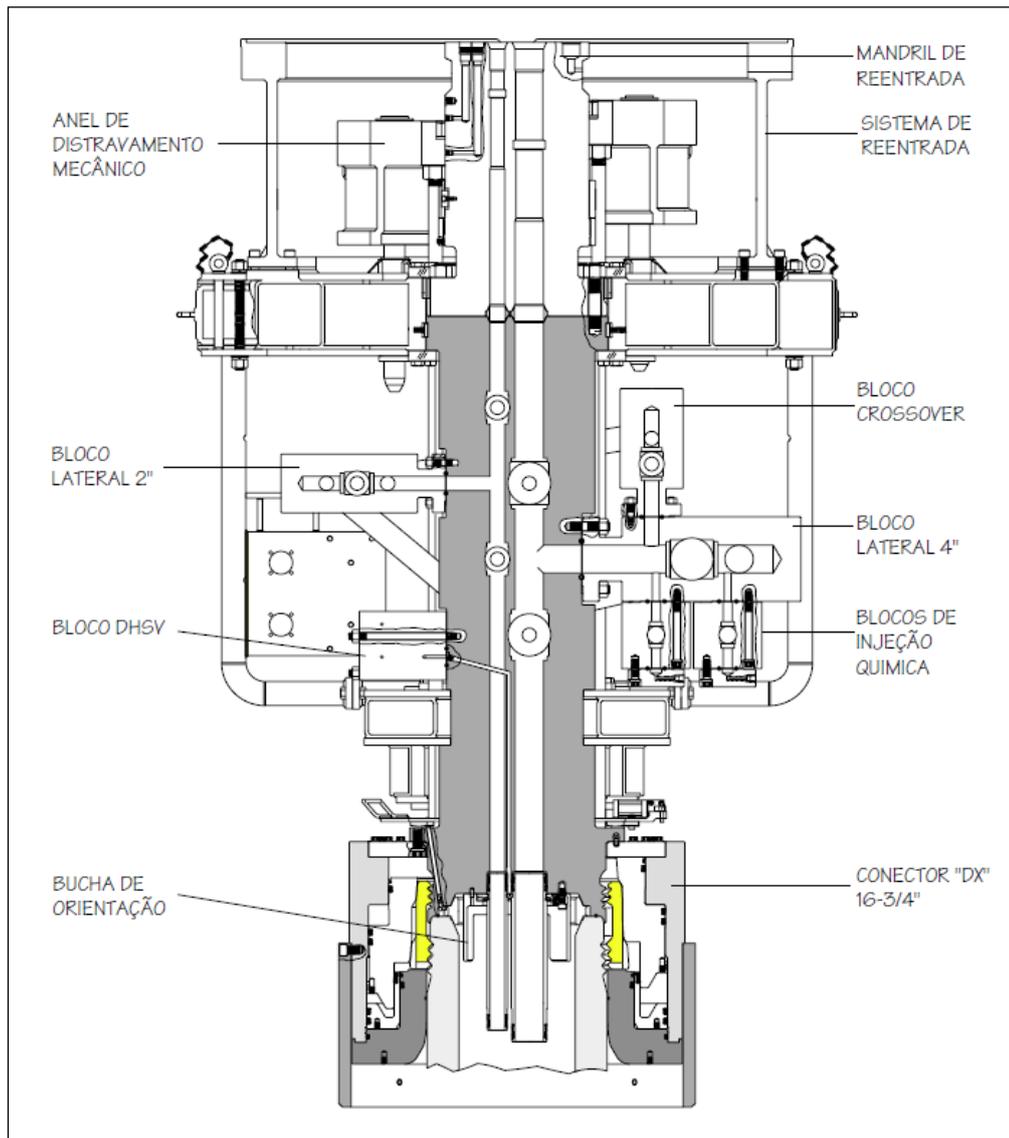


Figura H.1: ANM do tipo GLL vista em corte lateral
 Fonte: Dril-Quip (2001).

A Árvore de Natal Molhada ilustrada na Figura H.1 é constituída de um conector hidráulico inferior para conexão da ANM à Base Adaptadora de Produção (BAP) e de um conjunto de válvulas gaveta que controlam o fluxo de fluídos. Através do *manifold* ou Mandril de reentrada partem e chegam todas as linhas de controle das funções da ANM e da plataforma de produção por meio do perfil interno dos canais de produção de 4 pol., anular de 2 pol. e injeção química.

Dependendo do fabricante da ANM e nível de tecnologia envolvido, a configuração de seus subconjuntos pode ser diferente, embora o conceito funcional e as particularidades básicas do equipamento sejam mantidos.

6 - Dutos Submarinos

Os dutos submarinos possuem a função de permitir o escoamento dos fluidos produzidos e injetados nos poços de petróleo. São classificados quanto à estrutura como rígidos ou flexíveis.

Os dutos rígidos ou comumente chamados *risers* rígidos são constituídos por tubos de aço carbono ou aço ligas especiais, dependendo da agressividade do fluido transportado. No arranjo submarino, em geral, os dutos rígidos são instalados no leito submarino e os flexíveis conectados do leito submarino à plataforma de produção.

Os dutos flexíveis são constituídos de várias camadas poliméricas e metálicas, com funções distintas, garantindo ao tubo a resistência e a flexibilidade necessárias para suportar as condições de pressão e temperatura marinhas e do fluido transportado. A seguir são ilustradas por intermédio da Figura H.2, as camadas da linha flexível.

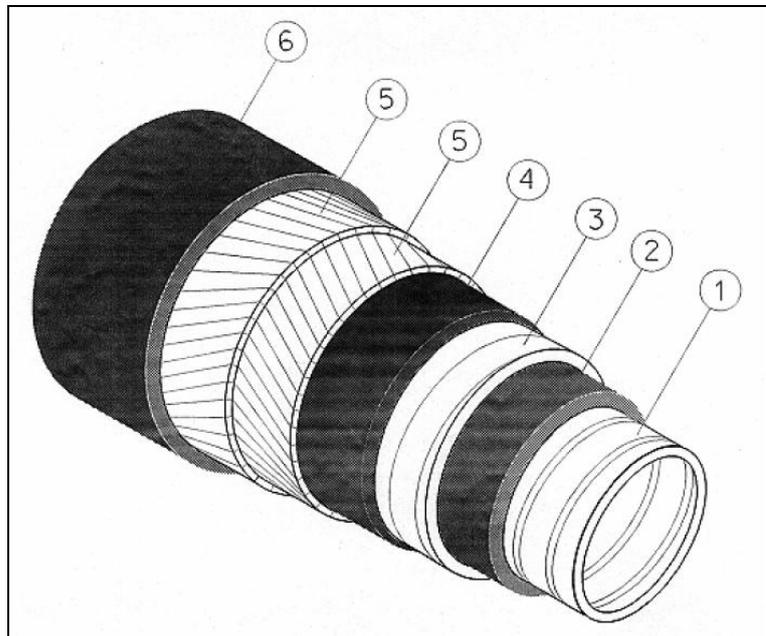


Figura H.2: Camadas de uma linha submarina flexível
Fonte: Ribeiro (2004).

A descrição e função de resistência mecânica de cada uma das camadas do duto flexível são descritas no Quadro H.1 a seguir.

Composição típica de um duto flexível		
Camada	Nome da camada	Função de resistência
1	Carcaça intertravada	Pressão externa, colapso e compressão mecânica radial
2	Camada interna de pressão	Estanqueidade ao fluido interno
3	Armadura de pressão	Pressão interna, colapso e compressão mecânica radial
4	Camada anti-desgaste	Anti-fricção
5	Armadura de tração	Carga de tração
6	Capa externa	Estanqueidade ao fluido externo

Quadro H.1 – Composição típica de um duto flexível

Fonte: Adaptado de Ribeiro (2004).

Quanto à função dos dutos, conforme Tavares et al. (2008), o umbilical, definido como um conjunto de mangueiras que além do escoamento de fluidos, conduz energia elétrica e sinais de controle e ópticos, da plataforma até os equipamentos instalados no leito marinho. Os umbilicais permitem: o controle, o monitoramento e a intervenção da operação dos poços; a injeção de produtos nos reservatórios; e a alimentação elétrica do sistema submarino.

7 - Manifold submarino

Conforme Tavares et al. (2008) os principais equipamentos submarinos de coleta de fluidos são: *manifold*, PLEN e PLAT. O mais importante deles é o *manifold* submarino cuja função é servir como coletor dos fluidos produzidos dos poços, transportando-os por intermédio de uma única linha, reduzindo, assim, o número de linhas conectadas à UEP (Unidade Estacionária de Produção). Possuem também a função de injeção de fluidos nos poços provenientes da UEP ou outros poços de injeção de água.

Ribeiro (2004) aponta algumas vantagens consideradas na elaboração de um EVTE, que justificam a instalação do *manifold* na configuração de um sistema submarino:

- Antecipação da produção e injeção de um conjunto de poços por meio de um sistema de produção antecipada;
- Antecipação de lançamento de linhas e umbilicais entre poços, *manifolds* e plataformas, antes da chegada da plataforma, otimizando os recursos;
- Otimização do arranjo submarino com consequente diminuição de custos devido o decréscimo de instalação de dutos flexíveis, *risers* e umbilicais;
- Redução de custos com o uso de sistema de controle eletro-hidráulico multiplexado;
- Diminuição da carga nas plataformas flutuantes pela utilização de uma quantidade menor de linhas conectadas.

Para operação das válvulas da ANM, *manifolds*, dutos e outros equipamentos submarinos, bem como o monitoramento e transmissão das variáveis da produção há o Sistema de controle. Yong e Qiang (2010) afirmam que o Sistema de controle é um item estratégico para a manutenção e remoção dos equipamentos instalados no leito marinho, além de ser fundamental para a diminuição dos gastos com dutos, conectores e cabeamento no arranjo submarino.

O sistema de controle é classificado como hidráulico, elétrico e eletro-hidráulico, cuja configuração, conforme Mendes et al. (2012), é formada por:

1. Unidade hidráulica ou HPU (*Hdraulic Power Unit*) que fornece o fluido hidráulico continuamente às válvulas remotamente operadas.
2. Unidade de alimentação elétrica contínua aos equipamentos submarinos consumidores.
3. Estação de controle que possibilita a interface entre a operação da plataforma e os equipamentos do sistema submarino.
4. Módulo de controle que comunica a estação de controle aos equipamentos ANM e *manifold* do arranjo submarino.

APÊNDICE I – DESCRIÇÃO DO ANEXO TÉCNICO DO CONTRATO DE MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS SUBMARINOS

DESCRIÇÃO DO ANEXO TÉCNICO

O contrato de manutenção de equipamentos e ferramentas submarinos consiste na manutenção especializada em Árvore de Natal Molhada, Sistema de Cabeça de Poço Submarino, *Manifolds*, equipamentos de Interligação Submarina e outros relacionados com operações de perfuração, completação e intervenção em poços, e todas as ferramentas a eles associadas, com guarda, de fabricação ou tecnologia do fabricante.

As atividades do contrato de manutenção são as seguintes:

- 1) Execução de manutenção preventiva e corretiva;
- 2) Implementação de melhorias de projeto;
- 3) Fornecimento de peças;
- 4) Armazenamento e guarda das ferramentas e equipamentos que estiverem em manutenção;
- 5) Implantação, manutenção e atualização de sistema automatizado de gerenciamento da manutenção;
- 6) Prestação dos serviços de apoio à gestão da manutenção;
- 7) Realização de *flushing*;

A descrição das atividades de manutenção é definida a seguir:

Manutenção preventiva: é a manutenção periódica ou ocasional cuja finalidade seja preservar a perfeita operacionalidade da ferramenta ou equipamento, podendo ser dividida em dois tipos: manutenção preventiva externa e manutenção preventiva interna.

A **manutenção preventiva externa** consiste na execução de fase única, suficiente para garantir adequada operacionalidade da ferramenta ou equipamento, abrangendo limpeza geral, inspeção visual, substituição dos elementos de vedação externos, gabaritação das linhas, lubrificação e preservação, substituição de fluidos, teste geral ou a gás e emissão dos relatórios técnicos. A Manutenção preventiva externa é também denominada Manutenção preventiva nível A.

A Limpeza Geral consiste na remoção de todo resíduo estranho aderido à ferramenta, através do uso apropriado de água quente pressurizada, detergentes, solventes, desengraxantes ou outros métodos adequados e eficientes.

A Inspeção Visual consiste em verificação visual quanto a avarias nos componentes, como exemplo: trincas, abrasões, deformações, empenos, desgastes, quebras e outras.

A substituição dos elementos de vedação externos é obrigatória para os elastômeros e a reutilização de elementos de vedação externos metálicos ocorre por recomendação do fabricante mediante aprovação da fiscalização técnica da empresa Contratante.

A gabaritagem das linhas consiste em passar o *drift* padrão em toda a extensão do diâmetro interno das linhas de produção e anular das ferramentas ou equipamentos submarinos.

A lubrificação consiste na aplicação de óleos ou graxas em todos os pontos passíveis de atrito tais como articulações, caixas de mancais, rótulas, cruzetas, cabos de aço, etc, com lubrificante adequado para cada aplicação e respeitando-se o volume exigido em cada caso.

A Substituição de Fluidos hidráulicos é realizada nos componentes quando necessário, tais como atuadores, conectores, cilindros e sistemas de compensação.

A Preservação consiste na aplicação de óleos protetivos e graxas nos pontos não protegidos por tinta.

A Emissão de Relatórios consiste em redigir os fatos ocorridos durante a execução dessas tarefas, bem como anexar desenhos e fotografias, se necessário. Estes relatórios são emitidos após o término de cada serviço.

Manutenção corretiva: é a manutenção que tenha por finalidade restaurar a perfeita operacionalidade da ferramenta ou equipamento, incluindo, além das substituições necessárias de partes e peças dos conjuntos e subconjuntos, o serviço de reparo.

Upgrade: toda alteração realizada na ferramenta ou equipamento com a finalidade de atualizá-la com a última revisão de desenho de projeto ou adaptá-la a uma necessidade operacional específica.

Flushing: operação de limpeza do fluido de controle interno aos *tubing's*, umbilicais, conectores, cilindros hidráulicos e circuitos hidráulicos via circulação seguida de filtragem e análise, conforme padrão requerido em norma específica.

Teste geral: consiste em simular o funcionamento da ferramenta ou equipamento considerado em sua totalidade, conforme especificado pelo fabricante, mediante emissão de OS (ordem de serviço) e respeitando-se as normas específicas vigentes. Visa comprovar a inexistência de qualquer anormalidade de funcionamento ou desvio em relação às condições de especificação técnica. Inclui a emissão de carta gráfica, onde é registrada e atestada pelo executor do teste a realização de todas as verificações devidas. Durante a execução do teste, são verificadas as pressões do fluido hidráulico conforme procedimento específico para o equipamento. Há situações específicas que é necessária a utilização de gás como fluido de teste em piscinas monitoradas por câmeras. Nesse caso denomina-se **teste a gás**.

A **Manutenção preventiva interna** consiste na execução das diversas fases requeridas, conforme plano de manutenção, para preservar a perfeita operacionalidade da ferramenta ou equipamento. Compreendem os serviços de desmontagem geral ou localizada, substituição dos componentes desgastados ou danificados, montagem geral ou localizada, pintura e testes. As etapas que compõem a manutenção preventiva interna são listadas no plano de manutenção específico para cada ferramenta ou equipamento. A manutenção preventiva interna é dividida em manutenção preventiva nível B e C.

A **Manutenção preventiva nível B** para árvore de natal molhada (ANM) compreende a substituição dos elementos de vedação internos e externos; a lubrificação das partes internas e externas; inspeção visual das partes; inspeção por partículas magnéticas nas partes de conectores com atuação do tipo anular; a substituição das linhas hidráulicas de controle; a substituição dos fluidos hidráulicos dos atuadores, conectores, cilindros e sistemas de compensação; gabaritagem das linhas; e teste geral funcional e de estanqueidade.

A **Manutenção preventiva nível C** para ANM compreende todos os serviços descritos na manutenção preventiva nível B, porém acrescenta os serviços de análise dimensional das áreas revestidas e a inspeção por ensaios não destrutivos (END) das áreas revestidas. Em caso de necessidade de reparação de partes ou peças do equipamento, verificada na inspeção visual ou reprovada no ensaio END, a manutenção transforma-se em manutenção corretiva.

A **Manutenção corretiva** consiste na execução das diversas fases requeridas para restituir a operacionalidade adequada da ferramenta ou equipamento, envolvendo a desmontagem, substituição e reparo dos componentes danificados, montagem, pintura e testes.

A Desmontagem Geral consiste na desmontagem dos conjuntos, subconjuntos, acessórios e periféricos; limpeza geral; inspeção visual; realização de Ensaio Não Destrutivo (END): inspeção dimensional, por líquido penetrante, por partículas magnéticas, por partículas magnéticas com bobina, por radiografia e por ultrassom; levantamento de serviços a executar; componentes a substituir ou reparar e emissão de relatórios técnicos. A desmontagem consiste na abertura da ferramenta ou equipamento e separação de suas partes de instrumentação e mecânicas, a desconexão de roscas que requeiram a utilização de máquina de torque, seguida da limpeza geral.

A Inspeção Dimensional consiste na medição dos pontos sujeitos a desgaste e deformação, tais como mancais, alojamentos, encaixes, luvas, espaçadores, calços, anéis, eixos, hastes, pinos e gavetas, bem como na confrontação destas medidas com as recomendadas pelo fabricante. Inclui a disponibilização de relatório dimensional, onde deverão constar todas as informações colhidas durante a execução desta tarefa, bem como a indicação de medidas corretivas e tipos de reparos devidos.

Os Ensaio Não Destrutivo (END): Inspeção por líquido penetrante, por partículas magnéticas, por Radiografia e por Ultrassom consiste na identificação de todo e qualquer defeito ou anormalidade do componente, detectável por estes processos, bem como a indicação de medidas corretivas e tipos de reparos devidos. A Inspeção por partículas magnéticas com bobina consiste em um ensaio utilizado

para detecção de descontinuidades transversais ao eixo principal do componente, detectável por este processo.

O Levantamento dos Serviços a Executar ou Delineamento consiste em relacionar, através do Relatório de Avarias, todas as tarefas necessárias ao reparo e todas as peças a reparar ou substituir, baseado nos END.

O Relatório de Avarias (RA), preenchido por meio do Sistema de Gerenciamento de Manutenção ou Planilha Eletrônica pela equipe de Engenharia, é disponibilizado e submetido à aprovação da Fiscalização técnica do cliente. A desmontagem é considerada concluída após a emissão e aprovação do RA.

O Pedido de Materiais (PM) consiste em uma lista de peças necessárias para a manutenção de equipamentos ou ferramentas, cuja substituição esteja identificada em RA ou, em caso de *upgrade*, sua necessidade de substituição tenha sido identificada pela engenharia do fornecedor ou cliente.

O Reparo dos componentes consiste em devolver as características originais aos componentes e subconjuntos da ferramenta ou equipamento que estiverem danificados, considerando os END: Inspeção Dimensional; Inspeção por líquido penetrante; Inspeção por partículas magnéticas; Inspeção por partículas magnéticas com bobina; Inspeção por Radiografia; Inspeção por Ultrassom; além das operações de Calderaria Tipos 1 e 2; Usinagem; Soldagem; Soldagem em inconel; Alívio de Tensões; Desplacamento de Revestimento de Níquel; Revestimento com Níquel-Químico; Revestimento com Cromo; Fosfatização; Revestimento com Fluorpolímero; Revestimento com Bissulfeto de Molibdênio; *Flushing* de circuitos hidráulicos; e Instrumentação. Segue uma descrição sucinta de cada operação de reparo realizada:

A Calderaria Tipo 1 consiste na confecção, montagem e instalação de estruturas, *skids*, tubulações, suportes e demais itens afins, que exijam o fornecimento de materiais em aço carbono, tais como de perfis, chapas, tubos, telas metálicas, etc. Inclui todos os serviços requeridos para a efetiva montagem e devida fixação da estrutura da ferramenta ou equipamento a que se destina. O serviço de Calderaria Tipo 2 segue o mesmo processo do serviço de Calderaria Tipo 1, contudo, não há fornecimento de material.

A Usinagem consiste na fase da recuperação dos componentes por meio de processos de usinagem utilizando equipamentos tais como tornos, mandrilhadoras, plainas, furadeiras e fresadoras, a fim de viabilizar o condicionamento e a perfeita funcionalidade da ferramenta ou equipamento.

A Soldagem consiste na recuperação de peças desgastadas, através de deposição com solda nas áreas afetadas, pelos processos de Soldagem por arco submerso (SAS) ou Submerged arc welding (SAW), Soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido ou Shielded Metal Arc Welding (SMAW) e soldagem CLAD, utilizando consumível para solda em aço carbono, aço liga ou aço inox. Difere dos serviços de solda executados nas fases de caldeiraria tipos 1 ou 2, por envolver a recuperação especializada de componentes e não a simples caldeiraria aplicada à estrutura das ferramentas ou equipamentos. A Soldagem em Inconel consiste no mesmo processo da soldagem, porém, utilizando inconel como consumível.

O Alívio de Tensões Geral consiste em proceder, quando aplicável, ao alívio de tensões de peças submetidas à soldagem. O Alívio de tensões localizado consiste num sistema de aquecimento localizado, usado para alívio de tensões, utilizando a resistência elétrica como meio de aquecimento, cujo objetivo é reduzir as tensões residuais a limites aceitáveis.

O Desplacamento de Revestimento de Níquel consiste na remoção de revestimento de níquel-químico deteriorado.

O Revestimento com Níquel-Químico consiste na preparação da superfície e aplicação de revestimento de níquel pela técnica de deposição sem utilização de corrente elétrica (eletrólise níquel platina), incluindo a execução de teste com ferroxil.

O Revestimento com Cromo consiste na aplicação de revestimento de cromo pela técnica de deposição.

A Fosfatização consiste na preparação da superfície e fosfatização a frio a base de zinco, ou a quente a base de manganês, conforme procedimentos padronizados.

O Revestimento com Fluorpolímero consiste no processo completo de aplicação de revestimento a base de politetra-flúor-etileno com bissulfeto de

molibdênio. A fosfatização é normalmente agregada antes da aplicação do revestimento com Fluorpolímero.

O Revestimento com Bissulfeto de Molibdênio consiste no processo completo de aplicação de revestimento para proteção anticorrosiva, e posteriormente aplicação do acabamento para obtenção de durabilidade e resistência a abrasão, conforme procedimento padronizado. Tratamentos prévios do metal base e aplicação de outros tipos de revestimentos intermediários são necessários antes da aplicação do revestimento com Bissulfeto de Molibdênio.

A Instrumentação consiste na instalação e identificação de linhas no circuito hidráulico e pneumático com a finalidade de substituição de linhas danificadas ou alteração de projeto realizada pela Engenharia no esquema hidráulico e pneumático da ferramenta ou equipamento.

A Montagem Geral consiste na ajustagem e substituição dos componentes avariados; dos elementos de vedação internos e externos, montagem dos conjuntos, subconjuntos e acessórios, lubrificação, conforme recomendações técnicas do fabricante, além de outros serviços associados como de recondicionar roscas, ajustar, lixar, machear, limpar, torquar, desoxidar, regular, sanar vazamentos, corrigir empenos, limar, esmerilhar, corrigir rebarbas, cantos vivos e outros defeitos identificados em peças usadas.

A montagem dos conjuntos, subconjuntos e acessórios consiste na instalação dos seus componentes com ajuste perfeito, seguindo a técnica e as folgas recomendadas pelo fabricante, incluindo a execução de serviços de instrumentação de linhas hidráulicas e pneumáticas, além da conexão de roscas que requeira a utilização de máquina de torque.

A Pintura Geral consiste na execução de preparação superficial por jateamento abrasivo e na execução de proteção por pintura total nas ferramentas e Equipamentos em reparo, obedecendo aos critérios de fabricação atuais, com a emissão de certificado específico.

SERVIÇOS DE APOIO E LOGÍSTICA

Entende-se por serviços de apoio aqueles de caráter subsidiário, que têm como finalidade fornecer insumos básicos aos serviços principais. Entre o recebimento e a devolução da ferramenta ou equipamento há várias etapas de serviços de apoio descritas a seguir.

Serviços de Engenharia de processo que consistem na prestação de serviços de engenharia industrial e de aplicação contemplando projeto de dispositivos necessários à produção, análise dos relatórios de avaria e tratamento das não conformidades apresentadas nos relatórios de avarias dos equipamentos e ferramentas em manutenção. Os serviços incluem a utilização de todo suporte requerido, tais como os recursos de *hardware* e *software*, bem como fontes bibliográficas e arquivos de engenharia.

Serviços de Desenho que consistem na prestação de serviços por desenhista projetista especializado na área de projeto, envolvendo execução de estudos de engenharia destinados ao desenvolvimento de projetos de *upgrade*, projetos de adequação de ferramentas e equipamentos a uma condição específica, bem como a definição de conceitos, definição de materiais, dimensional, elaboração de desenhos e atualização dos manuais.

Serviços de Recebimento que consistem no descarregamento da ferramenta e equipamento, abertura da embalagem, conferência conforme a nota Fiscal, notificação de divergência, se houver, e emissão de relatório de recebimento, onde deverão constar todas as informações colhidas durante a execução desta tarefa de forma completa, inclusive com registro fotográfico.

Serviços de Identificação que consistem na fixação de etiqueta resistente ao manuseio e às intempéries em cada ferramenta e equipamento, de tal modo que a qualquer momento seja possível identificá-lo inteiramente.

Serviços de Registro e Controle Fiscal que consistem em lançar em banco de dados, os dados da ferramenta, equipamento e materiais (itens sobressalentes) recebidos e identificados. Estes dados deverão abranger, entre outras informações, nome do material, *Part Number* (PN), número de série, número e data da nota fiscal, data de recebimento e apontamento de itens faltantes quando do recebimento

(peças, subconjuntos, acessórios e interfaces com outras ferramentas ou equipamentos).

Serviços de Preservação que consistem na aplicação de produtos protetivos, tais como graxas, óleos, vernizes, dentre outros, recomendados pelo fabricante, nos casos de estocagem por tempo indeterminado, a fim de garantir a integridade do material pelo tempo previsto em procedimento.

Serviços de Estocagem que consistem em colocar o material, já preservado para armazenamento, que permita identificar sua localização através de sistema informatizado, e que seja apropriado para protegê-lo da ação de possíveis acidentes decorrentes do processo de trabalho das atividades do contrato de manutenção.

Serviços de Expedição que consistem em providenciar, de forma ágil e eficaz, a liberação para transporte de qualquer material, ferramenta ou equipamento, efetuando todo o controle sobre localização, movimentação, notas fiscais de recebimento, notas fiscais de envio, entradas, saídas e todo o serviço inerente a uma atividade de expedição.

Serviços de Movimentação que consistem na movimentação da ferramenta ou equipamento, em qualquer das fases ou etapas dos serviços, dispondo dos meios adequados para a movimentação, utilizando-se de pontes rolantes, empilhadeiras, talhas, força humana ou qualquer outro aparato que se faça necessário a essa atividade.

Serviços de Planejamento, Controle e Programação – PCP cuja finalidade é favorecer o adequado andamento dos serviços, alcançando todas as atividades de apoio à execução da manutenção e da implantação de alterações de projeto. Os serviços de PCP são:

- Recolher junto ao cliente as informações técnicas e administrativas necessárias à execução dos serviços.
- Favorecer todo o intercâmbio de informações, responsabilizando-se pela entrega e recolhimento de documentos.

- Garantir a agilidade dos serviços, mantendo contatos, provendo literatura, acompanhando documentos fiscais e saneando pendências.
- Manter pasta individual para cada ferramenta e equipamento, servindo como relatório de obra e histórico, onde são registradas e arquivadas todas as informações e solicitações do cliente, bem como todos os documentos de movimentação de material e requisição de serviços. Esta pasta é mantida atualizada durante a manutenção e contem os apontamentos e registros dos serviços, lista de materiais e requisições.
- Registrar as ocorrências e submeter à fiscalização técnica do cliente aprovação das listas de materiais e autorização das requisições de serviços.

Cuidar da programação dos serviços, estabelecendo os critérios de programação, prevendo o delineamento dos serviços, as aberturas de tarefas, os efeitos da interdependência entre elas e tudo o mais que seja relevante para garantir o atendimento aos prazos. Serviços de Estocagem e Controle de Peças e Sobressalentes que consistem em estocar, preservar e controlar através de sistema informatizado ou planilha eletrônica, em almoxarifado próprio, todos os sobressalentes e peças necessárias para execução dos serviços, cujo fornecimento seja do cliente. Os serviços de estocagem e controle de peças englobam:

- Definição dos parâmetros de estoque (mínimo e máximo), o controle de saldo e a emissão de Pedido de Material (PM) para iniciar o processo de compra administrado pelo Cliente.
- Realização de inspeção de qualidade dos sobressalentes e peças no recebimento para armazenamento, emitindo os relatórios de Não Conformidade quando couber.
- Preservação e o controle do prazo de validade dos sobressalentes e peças armazenados, considerando o prazo de inspeção de recebimento do material.

- Emissão de relatórios mensais de controle de saldo, de consumo e de movimentação fiscal.

Serviço de controle físico, fiscal e conservação das eslingas de cabo de aço, visando à segurança na movimentação de cargas. Envolve o atendimento às normas aplicáveis, a identificação padronizada das eslingas, a manutenção de registros de rastreabilidade, armazenamento adequado e realização de manutenção preventiva e inspeção visual periódica.

Serviço de Estocagem e Controle de Skids de transporte e teste que Consiste em estocar, preservar e controlar e certificar de acordo com as normas vigentes os skids de equipamentos e ferramentas, através de sistema informatizado ou planilha eletrônica. A certificação dos skids compreende a realização de END nos olhais de levantamento e teste de carga nos skids.

Emissão de Ordem de Serviço (OS), independente da fase do serviço (manutenção preventiva ou corretiva, desmontagem, reparo, montagem e teste) com estimativa de custos e prazos para conclusão dos serviços de cada item de serviço, constando todos que serão realizados na ferramenta e equipamento. Durante a execução dos serviços, estas informações são atualizadas, bem como sua finalização. As pequenas partes e componentes são acondicionadas em embalagens resistentes e as demais peças, de maiores dimensões, são acondicionadas em *pallets*. Todas as peças ou conjunto de peças possuem identificação da OS de referência.

Serviço de disponibilidade e atualização da documentação técnica, bem como dos procedimentos de desmontagem, montagem e testes de todas as ferramentas e equipamentos, incluindo as informações sobre as últimas modificações e alterações motivadas por falha operacional. Consta a manutenção atualizada de Lista Técnica definida como a relação de peças sobressalentes de um dado equipamento ou ferramenta, destinados a reposição durante sua manutenção. A Lista Técnica contém, no mínimo, o PN (*Part Number*) e a descrição de cada sobressalente.

Plano de Manutenção

Consiste em elaborar, executar e controlar um Plano de Manutenção que contemple todas as ferramentas e equipamentos. É necessário o desenvolvimento, a implantação, a manutenção e a atualização de um sistema informatizado de gerenciamento da manutenção que viabilize a implantação do plano de manutenção programado com acesso às informações de interesse, tais como:

- Caracterização dos diferentes modelos e sua utilização;
- Relação das ferramentas e equipamentos e seus quantitativos por modelo;
- Local de demarcação individualizada;
- Relação de ferramentas e equipamentos embarcados com data de expedição e os dados de destino;
- Condição atual quanto à operacionalidade, disponibilidade para embarque, relação de ferramentas e equipamentos em manutenção e respectivas previsões;
- Histórico de movimentação;
- Histórico de operacionalidade;
- Histórico de manutenções realizadas;
- Estatísticas de custo por ferramenta e por período;
- Modelos e quantidades das peças integrantes;
- Modelos e quantidades recomendáveis de sobressalentes de ferramentas e equipamentos, por operação.

O sistema informatizado de gerenciamento da manutenção tem por finalidade servir como ferramenta de apoio eficaz à execução dos demais serviços. Esse sistema possui bancos de dados em rede, buscando o controle de peças e subconjuntos estocados para atendimento à execução dos serviços de reparo, propiciando agilidade, precisão, abrangência e detalhamento de informações sobre consumo e disponibilidade destes materiais.

Fornecimento de peças

Consiste no fornecimento das peças originais necessárias à execução dos serviços de manutenção. Consideram-se peças necessárias, toda e qualquer peça e componente que conste do desenho das ferramentas e equipamentos objeto da manutenção, definidas na Planilha de fornecimento de materiais do contrato. Durante o delineamento dos serviços, a relação de peças necessárias é submetida à Fiscalização técnica do cliente para aprovação. As peças necessárias ao reparo que não constam na Planilha de fornecimento de materiais são fornecidas pela empresa Contratante. As peças ou sobressalentes substituídas denominadas sucatas ou inservíveis deverão ser remetidas à empresa Contratante, em embalagens resistentes com romaneio relacionando as peças e materiais, referenciando a respectiva OS, conforme padrão.