

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**WILLIAN DOS SANTOS DE BARROS**

**CLASSIFICAÇÃO DA CRITICIDADE DE PEÇAS SOBRESSALENTES DA  
MANUTENÇÃO: ESTUDO DE CASO**

**Alegrete  
2017**

**WILLIAN DOS SANTOS DE BARROS**

**CLASSIFICAÇÃO DA CRITICIDADE DE PEÇAS SOBRESSALENTES DA  
MANUTENÇÃO: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Dr. Gustavo Fuhr Santiago

**Alegrete  
2017**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

B277c Barros, Willian dos Santos

CLASSIFICAÇÃO DA CRITICIDADE DE PEÇAS SOBRESSALENTES DA MANUTENÇÃO: ESTUDO DE CASO / Willian dos Santos de Barros.  
65 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA MECÂNICA, 2017.  
"Orientação: Gustavo Fuhr Santiago".

1. Engenharia de Manutenção. 2. Gestão da Manutenção. 3. Gestão de Ativos. 4. Criticidade. 5. Peças Sobressalentes. I. Título.

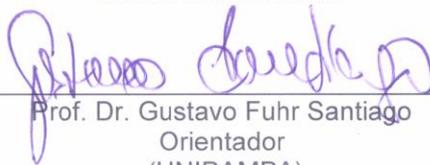
**WILLIAN DOS SANTOS DE BARROS**

**CLASSIFICAÇÃO DA CRITICIDADE DE PEÇAS SOBRESSALENTES DA  
MANUTENÇÃO: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia  
Mecânica da Universidade Federal do  
Pampa, como requisito parcial para  
obtenção do Título de Bacharel em  
Engenharia Mecânica.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 28 de Novembro de  
2017.

Banca examinadora:



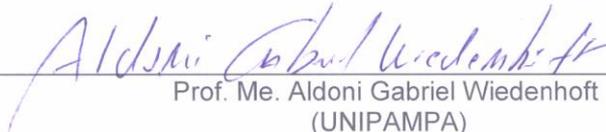
---

Prof. Dr. Gustavo Fuhr Santiago  
Orientador  
(UNIPAMPA)



---

Prof. Dra. Ana Claudia Costa de Oliveira  
(UNIPAMPA)



---

Prof. Me. Aldoni Gabriel Wiedenhoft  
(UNIPAMPA)

Dedico este trabalho a minha Família pelo amor incondicional.

## **AGRADECIMENTO**

Primeiramente agradeço a Deus pela energia vital e a minha Amada Mãe por proporcionar o sustento financeiro e emocional.

Ao professor, Dr. Gustavo Santigo pelas suas orientações no trabalho.

A todos os professores e colegas da academia que de alguma forma contribuíram para minha evolução.

Especialmente à Onias Neto que me proporcionou descobrir o mundo da Gestão da Manutenção através da sua experiência profissional.

“Enquanto o homem continuar a ser destruidor impiedoso dos seres animados dos planos inferiores, não conhecerá a saúde nem a paz. Enquanto os homens massacrarem os animais, eles se matarão uns aos outros. Aquele que semeia a morte e o sofrimento não pode colher a alegria e o amor”.

Pitágoras

## RESUMO

Devido ao aumento da complexidade e diversidade dos equipamentos e sistemas produtivos de uma organização, a manutenção exige, cada vez mais, meios eficientes de gestão das suas atividades. A gestão estratégica da manutenção, deve considerar de forma integrada todas as suas atividades, inclusive com os demais sistemas de gestão. Este trabalho teve como proposta, a aplicação de uma metodologia para determinar a criticidade de peças sobressalentes para um equipamento crítico. A metodologia consiste em avaliar a criticidade das peças por meio de critérios pré-estabelecidos da área de manutenção e logística. Foi criada uma ferramenta analítica, contendo o método, para a realização das análises. O procedimento de análise de criticidade foi aplicado e padronizado para que posteriormente possa ser melhorado. Os resultados mostram que a ferramenta atribui um maior controle para as peças sobressalentes, visto que a ferramenta pode ser aplicada a qualquer material de qualquer setor da organização.

**Palavras-chave:** Peças sobressalentes, criticidade, gestão estratégica.

## ABSTRACT

Due to the increasing complexity and diversity of an organization's production equipment and systems, maintenance increasingly requires efficient means of managing its activities. The strategic management of maintenance, must consider in an integrated way all its activities, including the other management systems. This work had as proposal, the application of a methodology to determine the criticality of spare parts for a critical equipment. The methodology consists in evaluating the criticality of the parts by means of pre-established criteria of the area of maintenance and logistics. An analytical tool was created, containing the method, to carry out the analyses. The criticality analysis procedure was applied and standardized so that it can later be improved. The results show that the tool attributes greater control to the spare parts, since the tool can be applied to any material from any sector of the organization.

**Keywords:** Spare parts, criticality, strategic management.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – A Evolução da Manutenção .....	19
Figura 2 – Doze disciplinas da gestão da manutenção classe mundial .....	23
Figura 3 – Panorama da Gestão da Manutenção.....	24
Figura 4 – Sistema de Confiabilidade na Gestão de Ativos .....	27
Figura 5 – Custos envolvidos na gestão de estoques .....	28
Figura 6 – Quadro de operações da cadeia de suprimentos de peças .....	30
Figura 7 –Escala de inocência e excelência para entrega de peças.....	31
Figura 8 – Fluxo do desenvolvimento da pesquisa .....	33
Figura 9 – Unidade Hidráulica de avanço e retorno dos cilindros das grelhas .....	41
Figura 10 – Informações técnicas dos equipamentos .....	42
Figura 11 – Campos a serem preenchidos pelo usuário solicitante .....	43
Figura 12 – Campos a serem preenchidos pelo responsável de compras.....	43
Figura 13 – Campos a serem analisados pelo Administrador de Materiais.....	44
Figura 14 – Campos a serem analisados pela Engenharia de Manutenção .....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Critérios de classificação da área de manutenção .....	35
Tabela 2 – Critérios da área de logística .....	37
Tabela 3 – As categorias propostas de peças sobressalentes.....	38
Tabela 4 – Avaliação final da categoria e ações recomendadas.....	39
Tabela 5 – Resultado da análise de confiabilidade .....	44

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

GFAM – *Global Forum on Maintenance and Asset Management* (Fórum Mundial em Manutenção e Gestão de Ativos)

MCC – Manutenção Centrada na Confiabilidade

OEE – *Overall Equipment Effectiveness* (Eficácia Global dos Equipamentos)

PG – Padrão Gerencial

UTE – Usina Termoelétrica

FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis* (Análise do Tipo e Efeito de Falhas)

RCFA – *Root Cause Failure Analysis* (Análise da Causa Raiz da Falha)

ERP – *Enterprise Resource Planning* (Planejamento de recursos corporativos)

MRO – Manutenção, Reparo e Operação

CMMS – *Computerized Maintenance Management System* (Sistema informatizado da gestão da manutenção)

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	14
1.2	JUSTIFICATIVA	15
1.3	DELIMITAÇÃO DO TEMA	15
1.4	OBJETIVOS	16
1.4.1	<i>Objetivo Geral</i>	16
1.4.2	<i>Objetivos Específicos</i>	16
1.5	METODOLOGIA	16
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>17</b>
2.1	BREVE HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO	17
2.2	TIPOS DE MANUTENÇÃO	19
2.2.1	<i>Manutenção Corretiva</i>	19
2.2.2	<i>Manutenção Preventiva</i>	20
2.2.3	<i>Manutenção Preditiva</i>	21
2.2.4	<i>Engenharia de Manutenção</i>	22
2.3	GESTÃO DA MANUTENÇÃO	22
2.3.1	<i>Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC)</i>	25
2.4	ESTOQUE	27
2.4.1	<i>Tipos de Estoque</i>	28
2.4.2	<i>Sobressalentes de Manutenção</i>	29
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>32</b>
3.1	CARACTERÍSTICAS GERAIS DO MÉTODO	34
3.2	CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO	34
3.3	CATEGORIAS DE PEÇAS SOBRESSALENTES	38
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>40</b>
4.1	LISTA TÉCNICA DE PEÇAS SOBRESSALENTES	41
4.2	FERRAMENTA ANALÍTICA DE CLASSIFICAÇÃO	42
4.2.1	<i>Aplicação da Análise de Confiabilidade</i>	45
4.3	PADRÃO GERENCIAL DE CLASSIFICAÇÃO DE SOBRESSALENTES	46
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>47</b>
	REFERÊNCIAS	49
	APÊNDICE A – APLICAÇÃO DA FERRAMENTA ANALÍTICA DE CLASSIFICAÇÃO DA CRITICIDADE DA PEÇA A.	51
	APÊNDICE B – APLICAÇÃO DA FERRAMENTA ANALÍTICA DE CLASSIFICAÇÃO DA CRITICIDADE DA PEÇA B.	52
	APÊNDICE C – APLICAÇÃO DA FERRAMENTA ANALÍTICA DE CLASSIFICAÇÃO DA CRITICIDADE DA PEÇA C.	53
	APÊNDICE D – APLICAÇÃO DA FERRAMENTA ANALÍTICA DE CLASSIFICAÇÃO DA CRITICIDADE DA PEÇA D.	54

<b>APÊNDICE E – APLICAÇÃO DA FERRAMENTA ANALÍTICA DE CLASSIFICAÇÃO DA CRITICIDADE DA PEÇA E. ....</b>	<b>55</b>
<b>APÊNDICE F – APLICAÇÃO DA FERRAMENTA ANALÍTICA DE CLASSIFICAÇÃO DA CRITICIDADE DA PEÇA F. ....</b>	<b>56</b>
<b>APÊNDICE G – PADRÃO GERENCIAL DE CLASSIFICAÇÃO DA CRITICIDADE DE EQUIPAMENTOS E PEÇAS SOBRESSALENTES. ....</b>	<b>57</b>

# **1 INTRODUÇÃO**

## **1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

Com a expansão exponencial da tecnologia, a integração global dos meios produtivos, o desenvolvimento sustentável e a responsabilidade social nas organizações são indícios da evolução da competitividade na economia global. Neste contexto, a humanidade continua a depender dos bens e serviços gerados por organizações, cada vez mais, mecanizadas e automatizadas. O abastecimento ininterrupto de água e eletricidade, ou a entrega de um determinado bem ou serviço no tempo estipulado, também são serviços dos quais a humanidade depende cada vez mais. Acima de tudo, estes serviços dependem, por sua vez, da integridade e do funcionamento contínuo dos ativos físicos de uma organização (MOUBRAY, 1997).

Diante do exposto, a manutenção é vista hoje como uma função estratégica, a qual integra a qualidade com a produtividade, levando em consideração assuntos relacionados à segurança, preocupações ambientais, depreciação dos equipamentos e instalações, redução de custos e regulamentações normativas. Ela impõe desafios cada vez maiores, exigindo o desenvolvimento e aplicação de novos sistemas de gerenciamento da manutenção (XENOS, 1998). Dessa forma, é necessário que as ações da função manutenção sejam planejadas e controladas, de forma integral, para que a função produção possa ter uma maior disponibilidade e confiabilidade das instalações do sistema produtivo.

As atividades da função manutenção devem ser administradas de forma integral, levando-se em consideração as mais diversas variáveis envolvidas na Gestão da Manutenção. Essas atividades integram, basicamente, desde o planejamento de compras, dimensionamento de estoques de peças sobressalentes, gestão do capital humano, até a tomada de decisão de interferir na produção através dos planos de paradas programadas. Portanto, a função estratégica da manutenção, sustentada pelo dinamismo do mercado, deve configurar-se como agente proativo dentro das organizações, revisando e melhorando continuamente seus processos gerenciais, com vistas a satisfazer seus clientes internos e externos, garantindo assim, a qualidade intrínseca dos produtos e serviços.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

De acordo com Kardec & Nascif (2012) a manutenção é a atividade que mais passou por mudanças nas últimas décadas, em decorrência do avanço científico tecnológico, do aumento da competitividade e da importância de gerenciar-se a produção. Dessa forma surgem novas instalações e equipamentos mais eficientes e eficazes nos mais diversos setores produtivos. Cada vez mais as organizações estão inserindo esses novos equipamentos e instalações em seus meios produtivos e, com isso, há a necessidade de garantir a disponibilidade das funções de seus ativos físicos.

A proposta deste trabalho justifica-se pela oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos na academia solucionando um problema real em campo. O setor de manutenção é considerado dinâmico, uma vez que com o passar do tempo surgem inovações, novas práticas e conceitos. Dessa forma, atuar aplicando novas formas de gestão da manutenção, em particular em empresas que pouco adotam ou conhecem o assunto, torna-se um fator motivador para o desenvolvimento deste trabalho.

A avaliação de criticidade de equipamentos e peças sobressalentes é um meio de definir a prioridade segundo critérios pré-definidos para garantir a continuidade operacional ou integridade da instalação

Além disso, há o interesse pessoal do autor em aprofundar-se no tema, visto que a manutenção ainda é pouco abordada no curso de graduação de Engenharia Mecânica da UNIPAMPA. O presente trabalho visa contribuir para a expansão dos conhecimentos em manutenção dada a importância fundamental do setor na indústria.

## **1.3 DELIMITAÇÃO DO TEMA**

Para melhorar o planejamento e controle da manutenção faz-se necessário o levantamento e classificação das informações técnicas dos equipamentos e sobressalentes da planta industrial. Dessa forma, a tomada de decisão da gestão, referente à criticidade de equipamentos e peças sobressalentes, estará apoiada na integração dessas informações. O problema de pesquisa delimita-se na criação de um procedimento que classifica as peças sobressalentes de acordo com a criticidade. O método de classificação, proposto por Antosz e Ratnayake (2016), permite a avaliação da criticidade das peças sobressalentes nos processos de manutenção e logística.

## **1.4 OBJETIVOS**

Nesta seção apresenta-se o objetivo geral e os objetivos específicos do presente estudo de caso.

### **1.4.1 Objetivo Geral**

Aplicar uma metodologia, encontrada na literatura, que permita a classificação da criticidade de peças sobressalentes da manutenção de uma Usina Termoelétrica em duas áreas: Manutenção e Logística. A classificação se dá de maneira quantitativa e qualitativa, servindo como ferramenta de apoio às atividades do setor de manutenção e almoxarifado.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

Para atingir o Objetivo Geral, delimitando-se o problema, este trabalho de conclusão tem os seguintes objetivos específicos:

- a) Elaborar a lista técnica de um equipamento crítico identificado no trabalho de Castro Neto (2017).
- b) Elaborar uma planilha eletrônica de classificação da criticidade de peças sobressalentes utilizando o método de classificação de Antosz e Ratnayake (2016);
- c) Aplicar o modelo nas peças sobressalentes de um equipamento de criticidade A da Usina Termoelétrica.
- d) Propor um padrão gerencial da manutenção para análises de criticidade de peças sobressalentes.

## **1.5 METODOLOGIA**

A pesquisa é de natureza aplicada a fim de que o produto da mesma seja utilizado para melhoria do setor de manutenção da Usina Termoelétrica. O presente estudo utiliza uma abordagem exploratória, a qual, de acordo com Vergara (2005), compõe-se da busca dos conhecimentos acerca do tema a ser elaborado. Neste caso

é buscado, conhecimento sobre a Gestão de Ativos, Gestão da Manutenção e Gestão de Peças Sobressalentes.

A primeira etapa do trabalho foi a identificação da necessidade juntamente com o Gerente da Usina Termoelétrica da Cooperativa Agroindustrial do município de Alegrete-RS. Verificou-se que o setor de Manutenção da Termoelétrica poderia ser melhorado em termos de estruturação e gestão dos recursos materiais. Assim sendo, buscou-se na literatura um método que classifica as peças sobressalentes de manutenção em termos de sua criticidade. Tal classificação permite enxergar quais peças sobressalentes são cruciais para que as falhas em equipamentos críticos possam ser removidas o mais breve possível, uma vez que o método identifica as peças que devem compor o estoque de sobressalentes.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Neste capítulo é apresentada a fundamentação teórica, buscada para referir o presente trabalho. São apresentadas as definições de manutenção, bem como, os tipos e as técnicas mais abordadas na literatura consultada.

### **2.1 Breve Histórico da Manutenção**

É possível identificar atividades de manutenção desde o início da evolução da civilização, porque embora despercebida, já existia a necessidade de conservar ou reparar ferramentas e equipamentos por mais primitivos que fossem. Na idade antiga os homens precisavam manter as ferramentas de caça e pesca em perfeitas condições de uso como forma de garantir a sua sobrevivência, uma vez que, uma ferramenta em mau estado poderia custar-lhes a vida (GONÇALVES, 2015). Porém não é preciso voltar a tempos longínquos para descrever evolução da Manutenção. A evolução deu-se de forma mais acentuada a partir da mecanização da indústria e do surgimento da produção seriada.

A manutenção acompanha a evolução técnico-industrial da humanidade, sendo considerada umas das atividades que mais passa por mudanças. No entanto, até 1914 ainda não existiam registros da manutenção como uma função ou um departamento das organizações. Só a partir da Primeira Grande Guerra que apareceram as primeiras ações desenvolvidas por profissionais com dedicação

exclusiva para identificar e atuar nas ocorrências de falhas e, assim sendo, surge a Manutenção Corretiva (SOUZA, 2013).

Com um forte aumento da mecanização, após a Segunda Grande Guerra, a complexidade das instalações industriais elevou-se. Também, com o aumento crescente da demanda por todo o tipo de produto, a indústria dependia do bom funcionamento das máquinas. Diante disso, as organizações precisavam produzir cada vez mais e necessitavam de maior disponibilidade do seu maquinário. Assim sendo, foi percebido que as falhas dos equipamentos poderiam e deveriam ser evitadas, surgindo então o conceito de Manutenção Preventiva (KARDEC; NASCIF, 2012).

A partir dos anos cinquenta a Manutenção Industrial passou a ser vista com outros olhos, pois o custo das intervenções preventivas nos equipamentos, feitas em intervalos fixos, tinha um grande impacto sobre o custo final do produto. Durante o mesmo período houve um acelerado desenvolvimento da aviação comercial, a qual obrigou a manutenção a desenvolver novos métodos preventivos, despertando-a para garantir a segurança das pessoas e dos bens (CARREIRA; SILVA; CANEIRA, 2010). Segundo Souza (2013). Neste momento surge a Engenharia de Manutenção para gerir procedimentos e técnicas de controle a partir da execução das atividades de manutenção. Dessa forma surge o histórico técnico-econômico dos equipamentos.

Com a globalização acentuando-se entre os países mais desenvolvidos nas décadas de sessenta e setenta, a busca incessante por qualidade nos serviços e nos produtos e o gerenciamento ambiental passaram a ser metas de todas as empresas, pois correram o risco das plantas serem impedidas de funcionar (MORO; AURAS, 2007). No mesmo período evidencia-se o crescimento da automação e mecanização, indicando que a confiabilidade e disponibilidade tornaram-se pontos-chaves não só na indústria como em setores distintos como saúde, telecomunicações e gerenciamento de edificações (KARDEC; NASCIF, 2012).

A partir da década de setenta surgem as primeiras práticas de gestão, finanças, engenharia, e outras, com a finalidade de reduzir ao mínimo os custos, maximizar e controlar o ciclo de vida de cada equipamento. Dessa forma surge o conceito de Terotecnologia. (MORO; AURAS, 2007). Com o objetivo de intervir o menos possível na planta fabril, é evidenciado um aumento da utilização de práticas de Manutenção Preditiva e do monitoramento da condição dos equipamentos e dos processos. A partir

de então, a Manutenção Corretiva é tida como um indicador da ineficiência da Manutenção (KARDEC; NASCIF, 2012).

A figura abaixo ilustra a evolução da manutenção para o que hoje é considerado o estado da arte. A manutenção é marcada por quatro fases, ou quatro gerações, os quais são os marcos da mudança de paradigma e de comportamento, juntamente com a evolução do conhecimento no assunto.

Figura 1 – A evolução da manutenção.



Fonte: Adaptado de GFMAN, 2016.

## 2.2 Tipos de Manutenção

Nesta seção apresenta-se os tipos de manutenção, bem como os seus conceitos.

### 2.2.1 Manutenção Corretiva

“Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane ou de uma falha destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.” (ABNT-NBR-5462-1994).

De acordo com KARDEC & NASCIF (2013) é observado que a manutenção corretiva é aplicada quando um dentre dois requisitos específicos são preenchidos pelo equipamento:

- a) “Desempenho deficiente apontado pelo acompanhamento das variáveis operacionais ou de funcionamento do equipamento (mecânicas, elétricas, etc.).”
- b) “Ocorrência da falha.”

Percebe-se que o reparo, destinado a corrigir a falha, pode ser efetuado imediatamente a constatação da ocorrência de falha ou programado e planejado para uma data posterior. Para BRANCO FILHO (2008) a manutenção corretiva realizada em uma data posterior a ocorrência da falha, ou seja, programada e planejada, é denominada “Manutenção Corretiva Planejada”. Porém, aquela manutenção que não puder ser programada para uma data posterior, ou seja, com caráter Emergencial, é denominada “Manutenção Corretiva Não-Planejada”.

Para determinados ativos a manutenção corretiva por ser a melhor opção. PEREIRA (2011) elenca os casos em que a manutenção corretiva pode ser aplicada:

1. Em ativos de baixo custo operacional;
2. Em ativos que possuem redundância;
3. Em ativos que possuem operação mais rápida que as posteriores;
4. Em ativos não considerados gargalos;
5. Em ativos de fácil manutenção;
6. Em ativos cujos técnicos de manutenção são bem treinados para pronto reparo, após evidência de qualquer falha ou pane.

Observa-se que, adotar a manutenção corretiva como modo de gestão para determinados equipamentos e utilidades, os quais enquadram-se nas situações supracitadas, não é uma atitude totalmente descartada (PEREIRA, 2011).

### **2.2.2 Manutenção Preventiva**

Segundo a ABNT a manutenção preventiva é: “A manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou degradação do funcionamento do item”. (ABNT-NBR 5462-1994).

De acordo com KARDEC & NASCIF (2013, p. 59) a política da Manutenção Preventiva é inversa à política da Manutenção Corretiva, ou seja, a Manutenção Preventiva visa evitar a ocorrência da falha de forma corretiva. Porém, a prevenção de falhas utilizando este tipo de manutenção concentra-se em paradas para limpeza, lubrificação, ajustes e verificação, quando não existe um histórico de falhas dos equipamentos. Outrora, de posse do histórico de falhas dos equipamentos, atuava-se preventivamente adiantando-se em relação à possível falha.

Para SOUZA (2013) a intervenção preventiva, correta e eficaz, tem como base os planos previamente estabelecidos entre a Manutenção e a Produção. Tais planos são elaborados a partir de um arquivo técnico, o qual começa a ser formado durante a fase de projeto do equipamento, indo até o acompanhamento do ciclo de vida.

### **2.2.3 Manutenção Preditiva**

Anomalias em máquinas e equipamentos podem, geralmente, ser preditas muito antes de ocorrer a falha. Antecipadamente à falha, a condição da máquina começa a deteriorar-se devido ao desgaste das várias partes móveis que as compõe. Tal desgaste pode se manifestar sob a forma de sinais como: vibrações mecânicas, ruído, emissão térmica, odor, pressão, deslocamento relativo, etc. (SHROTRI; KHANDAGALE, 2012).

Segundo Moro e Auras (2007) a Manutenção Preditiva é conceituada como sendo:

É o conjunto de atividades de acompanhamento das variáveis ou parâmetros que indicam a performance ou desempenho dos equipamentos, de modo sistemático, visando definir a necessidade ou não de intervenção. Quando a intervenção, fruto do acompanhamento preditivo, é realizada, estamos na verdade realizando uma manutenção corretiva planejada (MORO; AURAS, 2007. p. 21)

Outra característica importante da Manutenção Preditiva é que ela é normalmente não invasiva ou não intrusiva, ou seja, faz-se desnecessária a desmontagem do ativo afetado para a execução da Manutenção Preditiva. Isso é um benefício, pois, evita a possibilidade de introdução de outros defeitos como resultado das atividades de Manutenção Preditiva (DALEY, 2011).

Um programa bem estruturado, com esse tipo de abordagem, quase eliminará falhas catastróficas nos equipamentos. Com essa técnica é possível minimizar o

estoque de peças sobressalentes e encomendar alguma, conforme a necessidade, com antecedência para suprir as necessidades de manutenção. Ainda é possível otimizar o funcionamento dos equipamentos para poupar custos com energia e aumentar a confiabilidade (SULLIVAN, et al. 2010).

#### **2.2.4 Engenharia de Manutenção**

Segundo Dhillon (2002) a Engenharia de Manutenção é vista como uma disciplina, a qual auxilia na aquisição de recursos necessários à manutenção e fornece políticas e planos para o uso desses recursos na execução ou realização das atividades de manutenção.

### **2.3 Gestão da Manutenção**

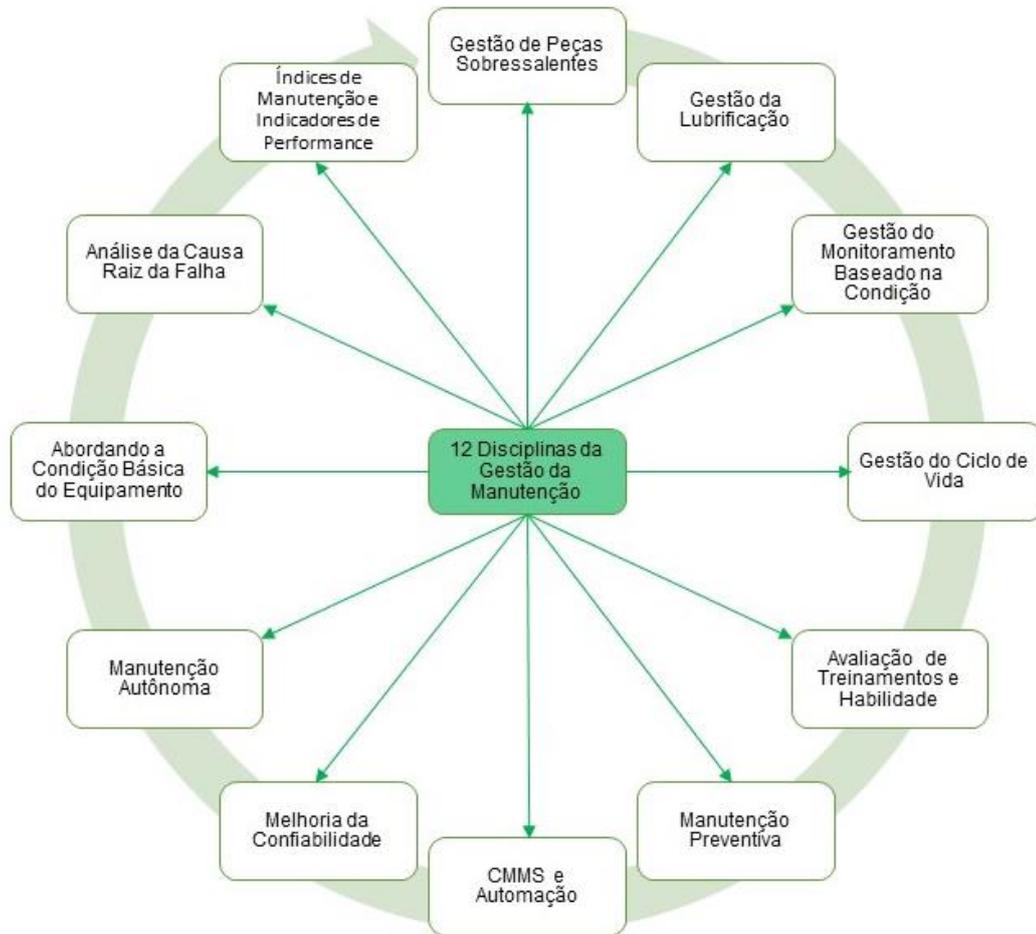
Para Drucker (2008) as tarefas fundamentais da gestão são: “tornar as pessoas capazes de realizar conjuntamente objetivos comuns, valores comuns, com a estrutura correta, a capacitação e o desenvolvimento das pessoas para realizar e responder às mudanças.”

Segundo a EN 13306:2001 (apud MARQUEZ; GUPTA, 2006) a Gestão da Manutenção é definida como sendo todas as atividades da gerência que determinam os objetivos ou prioridades da manutenção, estratégias de manutenção, as responsabilidades e implementação através do planejamento, controle e supervisão das atividades de manutenção, aprimorando os métodos e incluindo aspectos econômicos na organização.

Para o GFMAN (2016), a gestão da manutenção é descrita como o processo de gerenciamento de liderança e organização, planejamento e programação, manutenção preventiva, monitoramento das condições, execução de atividades de reparo, armazenamento de dados, análise da causa raiz da falha, gestão de peças sobressalentes e gerenciamento de dados técnicos.

De acordo com a RSA (2010), empresa de consultoria em confiabilidade e manutenção, a gestão da manutenção de classe mundial, ou seja, a manutenção praticada por empresas no topo do mercado, pode ser dividida em 12 disciplinas a serem desenvolvidas. A Figura (2) ilustra as 12 disciplinas desenvolvidas em uma gestão da manutenção de classe mundial.

Figura 2 – Doze disciplinas da gestão da manutenção classe mundial.



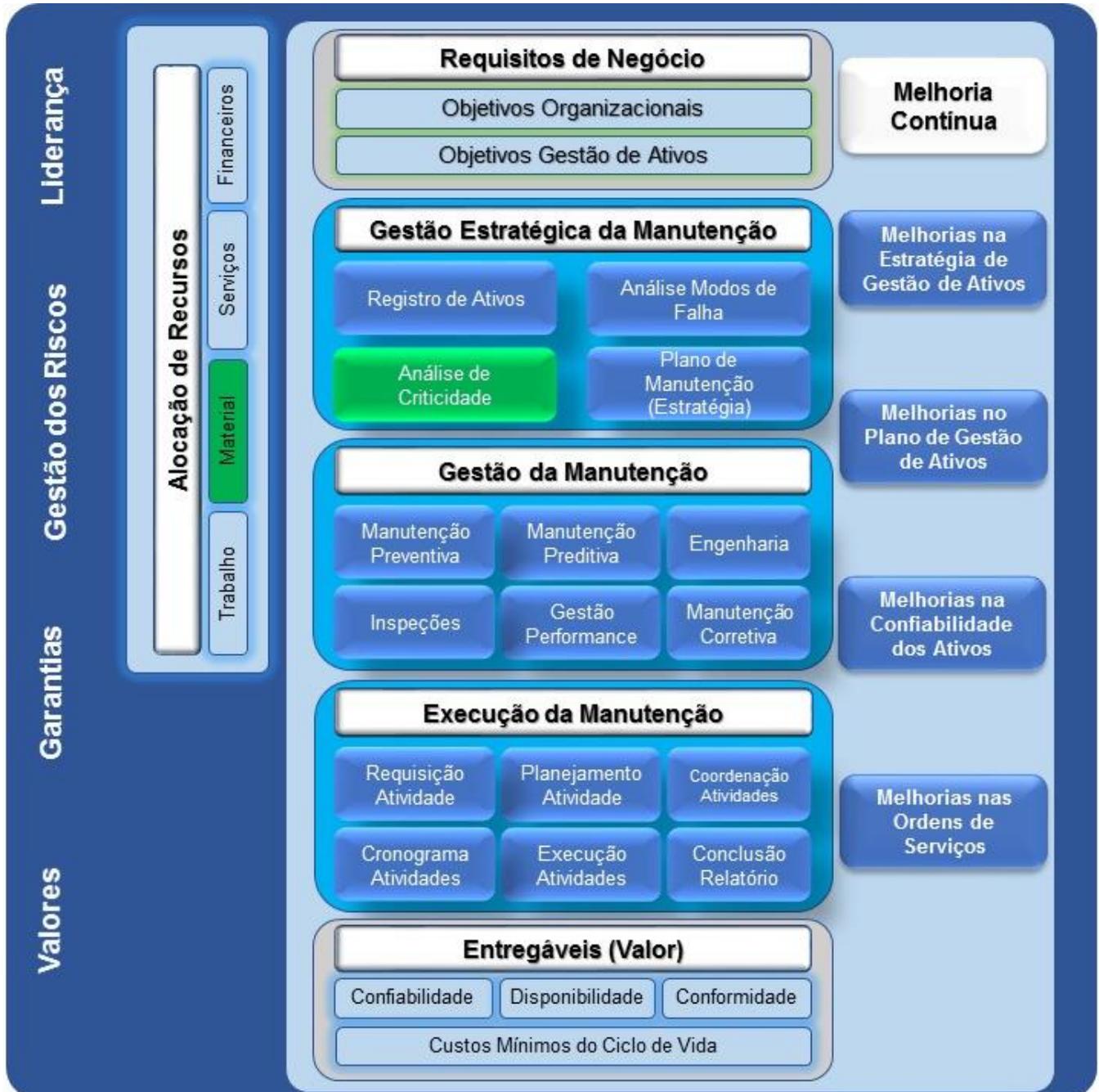
Fonte: RSA – World Class Maintenance Management Strategies (2010).

Para contribuir com o panorama organizacional, os gestores de manutenção precisarão migrar seu foco técnico tradicional para áreas como seleção e otimização de equipamentos, concomitantemente deverão aprender habilidades financeiras, como o cálculo do custo do ciclo de vida dos ativos. Também precisarão adquirir ampla compreensão dos controles organizacionais, sistêmicos e culturais. Assim sendo, os gestores de manutenção precisarão compreender e apreciar o papel dos fatores humanos e influenciá-los para desenvolver as habilidades essenciais para o funcionamento ótimo da manutenção (GFMAM, 2016).

Ainda segundo o GFMAM (2016), existem grupos de assuntos relacionados ao gerenciamento da manutenção, os quais se encaixam entre si e aos objetivos do plano de negócios organizacional. Os autores afirmam que não existe um fluxo de trabalho comum para o gerenciamento da manutenção, uma vez que tal fluxo depende do tipo de organização e do ambiente em que a mesma está inserida. A Figura (3) mostra, de

forma geral, a relação entre os assuntos pertinentes ao gerenciamento da manutenção.

Figura 3 – Panorama da Gestão da Manutenção.



Fonte: Adaptado de GFMAM (2016).

### **2.3.1 Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC)**

Segundo Lewis (1994), no sentido mais amplo, a confiabilidade está diretamente associada à disponibilidade de uma operação bem-sucedida e com a ausência de paradas por falhas. Contudo, é necessário que a engenharia realize análises para quantificar a confiabilidade em termos de probabilidade. Dessa forma, a confiabilidade pode ser definida como a probabilidade de um sistema executar sua função requerida por um determinado período de tempo especificado sob um determinado conjunto de condições. Lewis (1994) utiliza o sentido genérico da palavra “sistema”, para que as definições de confiabilidade também possam ser aplicadas a todos os produtos, subsistemas, equipamentos, componentes e peças.

Em um mundo em constante expansão tecnológica, a crescente mecanização e automação, bem como o aumento do foco no custo, produtividade e riscos exigem estratégias e táticas de manutenção precisas no gerenciamento dos ativos. A Manutenção Centrada na Confiabilidade é reconhecida como a técnica preeminente para estabelecer a melhor tarefa de manutenção a ser realizada em um programa de manutenção planejada (CAMPBELL, JARDINE, MACGLYNN, 2016).

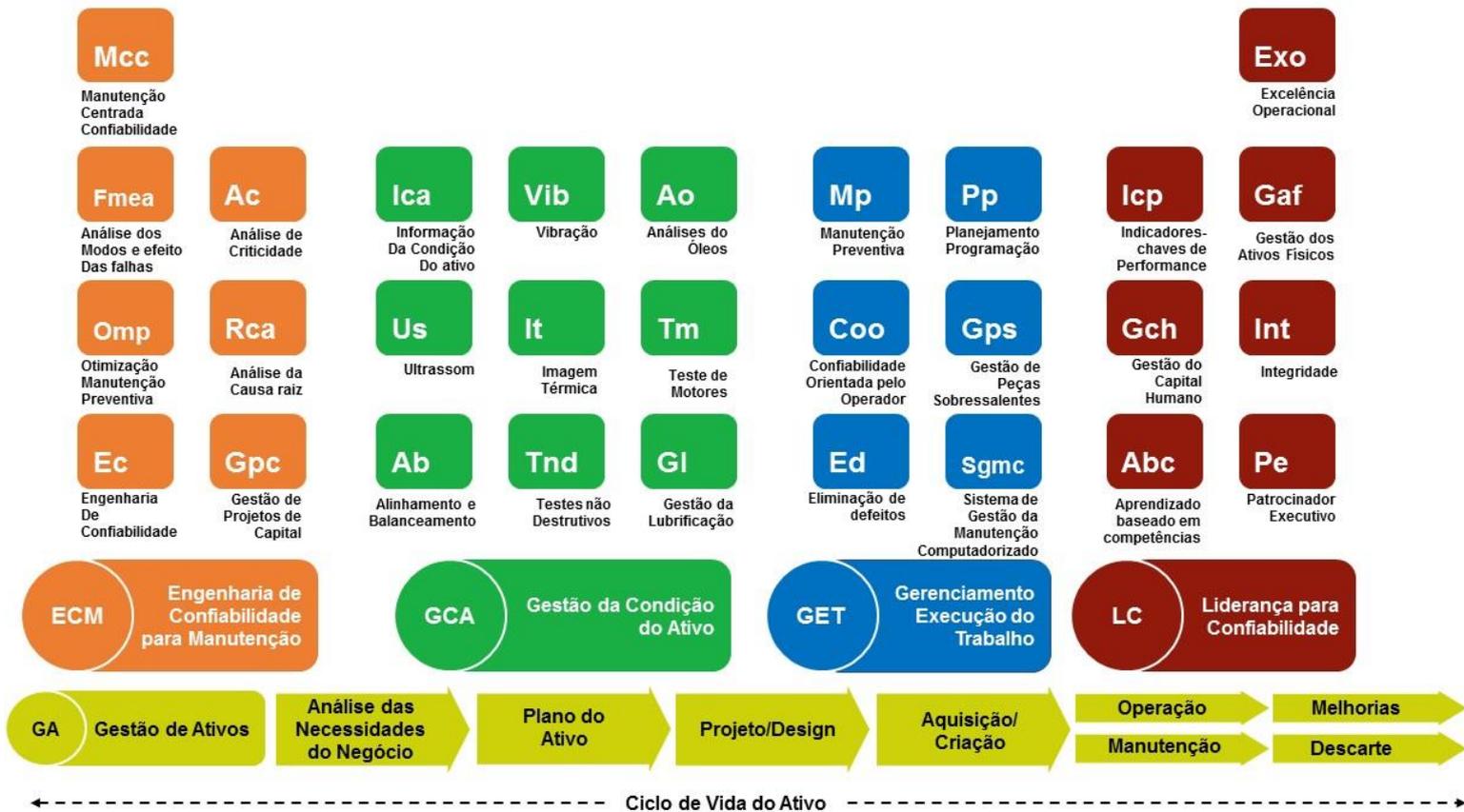
Como um processo técnico, a MCC aprofunda-se em entender como as coisas funcionam e o que pode dar errado com elas. Usando a metodologia da MCC, a Engenharia é capaz de selecionar as tarefas das intervenções de manutenção ou tarefas para reduzir o número de falhas. A Engenharia é capaz de detectar e prever quando uma falha será suficientemente grave para justificar a ação, eliminá-la completamente ou aceitá-la e continuar operando até a falha. O objetivo da MCC é tornar o sistema tão confiável quanto foi projetado para ser. Cada componente dentro de um sistema possui sua própria combinação exclusiva de modos e taxas de falhas. Cada combinação de componentes também é única e a falha em apenas um desses componentes pode fazer com que os demais falhem (CAMPBELL, JARDINE, MACGLYNN, 2016).

Contudo, nem sempre é conveniente a avaliação de todos os componentes de um sistema, pois isso demandaria um grande dispêndio de tempo, mão-de-obra e financeiro. Para determinar onde os esforços da manutenção devem ser aplicados, é crucial entender a criticidade do equipamento (ou seja, a importância do recurso para o negócio). Avaliar a criticidade é um processo específico para cada instalação individual. Mesmo dentro da mesma indústria, o que é importante para um setor pode não ser importante para o outro. Questões como a idade do equipamento,

desempenho, design, tecnologia que usa produtos químicos, questões geológicas (típicas das indústrias de mineração, petróleo e gás), relações com fornecedores, tempo de produção de determinado produto, política de estoque de peças sobressalentes e produtos acabados, infraestrutura da tecnologia da informação (TI) e as diferentes normas nacionais de segurança, saúde e meio ambiente influenciam diretamente as decisões de criticidade de equipamentos e peças sobressalentes. Assim sendo, a avaliação de criticidade é valiosa para se concentrar e priorizar a manutenção do dia-a-dia e as melhorias contínuas dos sistemas (CAMPBELL, JARDINE, MACGLYNN, 2016).

Segundo o Reliabilityweb.com (2014), independentemente de quão boa seja a estratégia de confiabilidade, é a cultura organizacional que determinará o desempenho. A cultura é construída a partir de dentro e é “cultivada” por líderes que visam envolver os colaboradores no desempenho da organização. Na Figura (4), é mostrado um mapa de teoria para entender a liderança de confiabilidade e começar a criar uma cultura de confiabilidade. Duas práticas preeminentes na construção de uma cultura de confiabilidade são a Eliminação de Defeitos (ED) e a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC). Além dos muitos benefícios evidentes no desempenho dos ativos tangíveis, essas práticas levam a organização a “moldar o jogo” e a pensar corretamente.

Figura 4 – Sistema de Confiabilidade para gerenciamento do desempenho de ativos.



Fonte: Uptime Elements, Reliabilityweb.com (2014).

## 2.4 Estoque

Em um mundo altamente competitivo e dinâmico qualquer tipo de desperdício não é mais aceitável, ou seja, é importante buscar, incessantemente, manter níveis corretos de estoque para que não haja desperdício de dinheiro, de espaço e de tempo. Segundo CORREA & CORREA (2011) os estoques estão no topo das preocupações dos gestores de operações e gestores financeiros. Em numerosas operações a gestão de estoque tem papel fundamental no sucesso das mesmas. Dessa forma, surge a necessidade de conceituar estoques:

Estoques são considerados acúmulos de recursos materiais entre fases específicas de processos de transformação (esses processos de transformação podem referir-se à transformação física – no caso de processos de manufatura, transformação de estado do bem ou do cliente – no caso de processos de tratamento, manutenção e outros, ou de posse ou localização do bem ou do cliente – como no caso de processo de distribuição e logísticos. (CORRÉA; CORRÉA, 2011, p. 517).

Para Slack, Chambers, Johnston (2009) estoques sempre existirão, devido ao fato de que existe uma diferença de ritmo ou taxa entre o fornecimento e a demanda,

ou seja, se o ritmo do fornecimento for maior que o ritmo da demanda o estoque aumentará, caso contrário, diminuirá. Dessa forma, qualquer operação deverá alinhar o ritmo de fornecimento com o ritmo da demanda para que possa diminuir o número de itens em estoque, minimizando custos, espaços e tempo.

Nas atividades da Manutenção não poderá ser diferente, de forma que qualquer atividade que necessite que os recursos estejam prontamente disponíveis, precisa determinar o nível de estoque desses recursos, apesar dos custos e desvantagens associados ao estoque, ele facilita a conciliação entre fornecimento e demanda. Em contrapartida, os altos custos de se manter um estoque podem ser diluídos no momento em que as atividades da Manutenção podem ser realizadas no momento certo, diminuindo assim, quaisquer custos referentes ao atraso ou não cumprimento das atividades. Assim sendo, uma boa gestão do estoque deve garantir o nível de serviço desejado ao menor custo logístico possível, otimizando os custos de manutenção de estoques, falta de estoque e colocação de pedidos (SAGGIORO et al, 2007). A Figura (5) ilustra os custos e suas características envolvidos na gestão de estoque.

Figura 5 – Custos envolvidos na gestão de estoque.



Fonte: SAGGIORO et al, 2007

### 2.4.1 Tipos de Estoque

No meio produtivo existe um alto fluxo de materiais entre os diversos setores da organização industrial. O fluxo desses materiais tem por objetivo suprir a demanda desses setores, pois para cada qual, um ou vários tipos de materiais podem ser

solicitados de acordo com a demanda interna ou externa. Correa e Correa (2011) identificam os vários tipos de estoque nos processos das operações de uma organização.

- **Estoque de matérias-primas e componentes comprados:** é o acúmulo de itens que a organização adquiriu e mantém na expectativa de transformar, porém, ainda não o fez.
- **Estoque de material em processo:** é o acúmulo de itens adquiridos e que já sofreram alguma operação de processamento, porém, encontram-se em estado de semiacabado, ou seja, não estão prontos para a venda.
- **Estoque de produtos acabados:** é o estoque referente ao produto final da produção, ou seja, são itens de produtos acabados prontos para a comercialização.
- **Estoque de materiais para MRO (manutenção, reparo e operações):** são quantidades de itens adquiridos pela operação com a finalidade de apoiar às atividades de produção.

A objetivo básico de se manter estoque de MRO, sobretudo, de peças sobressalentes de manutenção, é assegurar a disponibilidade da peça correta em quantidade certa, para as ações da manutenção na infraestrutura técnica da organização (ANTOSZ; RATNAYAKE, 2016).

#### **2.4.2 Sobressalentes de Manutenção**

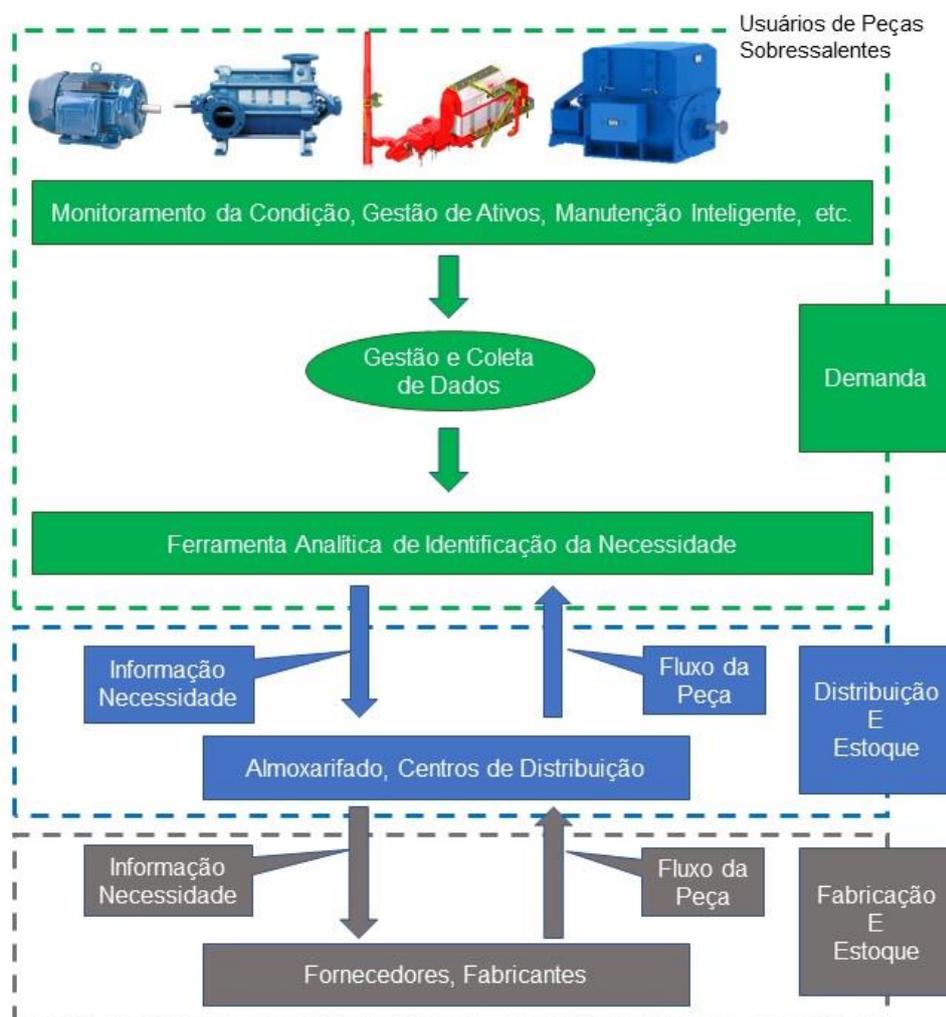
Segundo Saggiaro, et al. (2007), determinar o nível ótimo do estoque de peças sobressalentes, considerando os custos, restrições e incertezas logísticas, não é considerada uma atividade simples, especialmente quando as peças sobressalentes de equipamentos possuem características, como imprevisibilidade da demanda, baixo giro de estoque e criticidade para o processo produtivo.

O estoque de peças sobressalentes é diferente dos outros tipos de estoque nas organizações. Em alguns segmentos da indústria as peças sobressalentes podem ser extremamente caras, com isso a reparação das mesmas torna-se uma opção econômica. As peças danificadas podem ser substituídas por peças novas ou por peças reparadas. Nesse caso, os modelos de gestão e controle de estoque de peças

sobressalentes também devem considerar os custos, o tempo de reparo e o tempo de reposição do estoque (REGO; MESQUITA, 2011).

Os usuários de peças sobressalentes identificam a necessidade, por meio de ferramentas analíticas, de acordo com métodos pré-estabelecidos através da coleta de dados e do gerenciamento dos equipamentos. As necessidades são enviadas para os centros de armazenamento e distribuição da empresa e, logo em seguida, para os fornecedores e fabricantes. Os fornecedores e fabricantes, por sua vez, encaminham a(s) peça(s) para o cliente, onde é feito o recebimento, conferência e lançamento das informações no ERP (Enterprise Resource Planning) da empresa. A peça pode compor o estoque de segurança ou, distribuída imediatamente para o usuário final (manutenção) para substituição (LI; LIU; SHEN; CHENG, 2017). A Figura (6) ilustra de forma simplificada as operações da cadeia de suprimentos das peças sobressalentes.

Figura 6 – Quadro de operações da cadeia de suprimentos de peças.

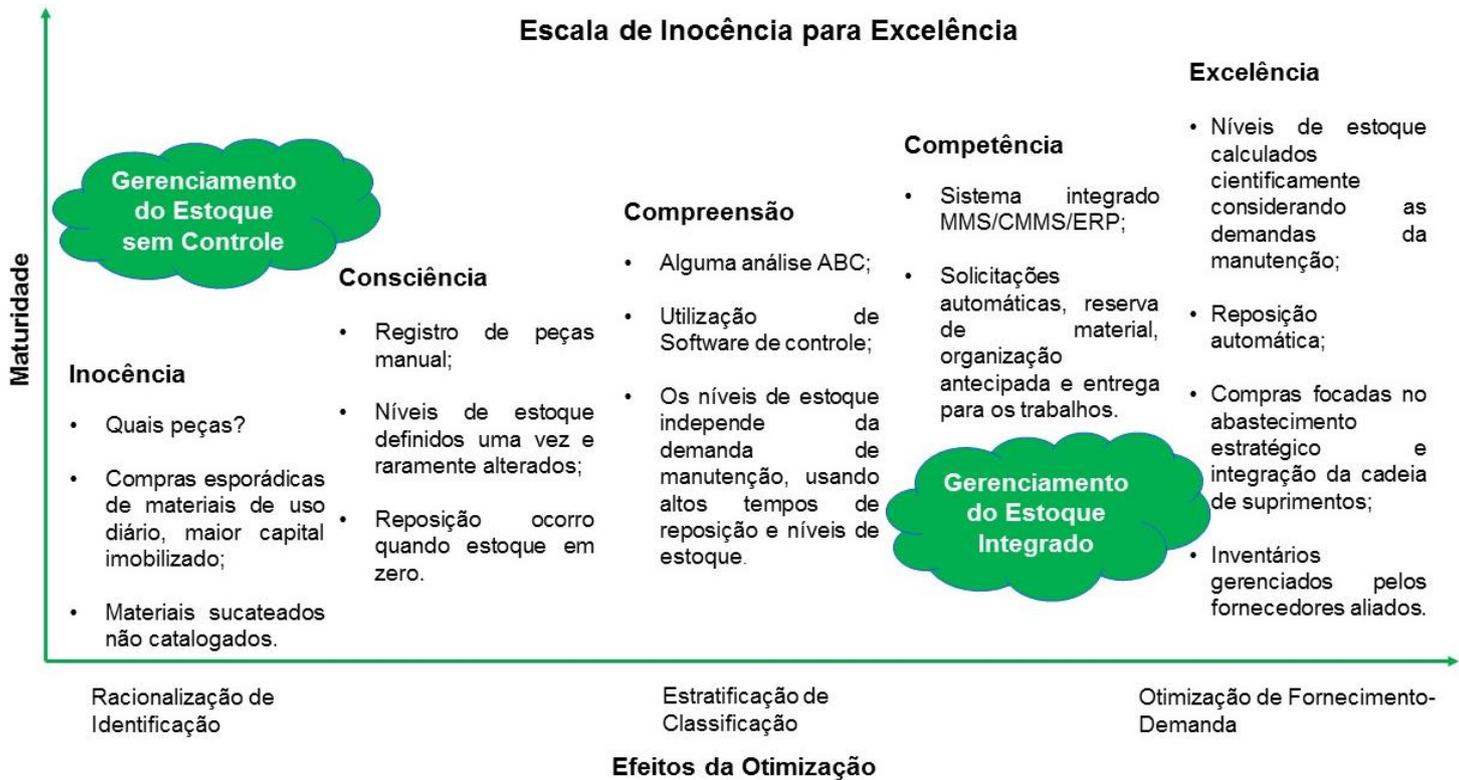


Fonte: Adaptado de (LI; LIU; SHEN; CHENG, 2017).

Se a administração da empresa não gerencia bem as peças sobressalentes, o processo diário de manutenção, reparo e operação sofrerá interrupções devido à falta de estoque de peças sobressalente. Não obstante, se a administração decidir manter um volume maior de peças sobressalentes para garantir que as atividades de MRO sejam cumpridas, o estoque proporcionará altos custos. Portanto, é necessário um bom gerenciamento de peças sobressalente para que as atividades de MRO funcionem corretamente (GARG, 2013).

Segundo Campbell, Jardine, MacGlynn (2016), em muitas organizações não há considerações suficientes para a forma como uma peça sobressalente será adquirida ou reabastecida, como gerenciar o excedente ou como entregar a peça para o solicitante. Como consequência, o inventário não é otimizado e os níveis de serviços são baixos. A lógica fundamental para a organização armazenar dezenas de milhares de peças sobressalentes reside na redução do tempo médio para reparar equipamentos críticos. Quanto mais uma operação for dependente dos centros de distribuição de peças e suprimentos, maiores são os níveis de estoque de segurança, logo a otimização do inventário se torna mais crítica. A Figura (7) é uma representação de quanto mais o inventário é racionalizado, o controle de estoque é otimizado e as compras são de origem estratégica.

Figura 7 – Escala de inocência para excelência na entrega de peças.



Fonte: Adaptado de Campbell; Jardine; McGlynn (2016).

Quanto menor a posição na escala, mais oportunidades haverá para reduzir os gastos com MRO, melhorar o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) e os serviços aos usuários.

### 3 METODOLOGIA

Como mencionado anteriormente, este trabalho é caracterizado como uma pesquisa de natureza aplicada e exploratória, cujo objetivo é o aumento da confiabilidade, atuando efetivamente nas peças sobressalentes por meio de um método de classificação de criticidade. Este trabalho tem como base o método proposto pela pesquisadora PhD, Katarzyna Antosz, da Universidade de Tecnologia de Rzeszów na Polônia, e pelo pesquisador PhD, R. M. Chandima Ratnayake da Universidade de Stavanger na Noruega. A decisão de escolha do método reside na facilidade de aplicação do mesmo, uma vez que é possível utilizá-lo nas condições reais de produção e, não requer quaisquer insumos organizacionais ou financeiros adicionais. Dito isso, todas as referências e técnicas descritas no item 3 e em seus

subitens foram extraídas de Antosz e Ratnayake (2016). Caso a fonte seja outra ela será citada.

O método possui critérios de classificação fixos, logo é necessário definir o grau de importância de cada critério de criticidade de acordo com a necessidade da empresa. A definição do grau de importância de cada critério é realizada em consonância com a Engenharia, Manutenção e Operação.

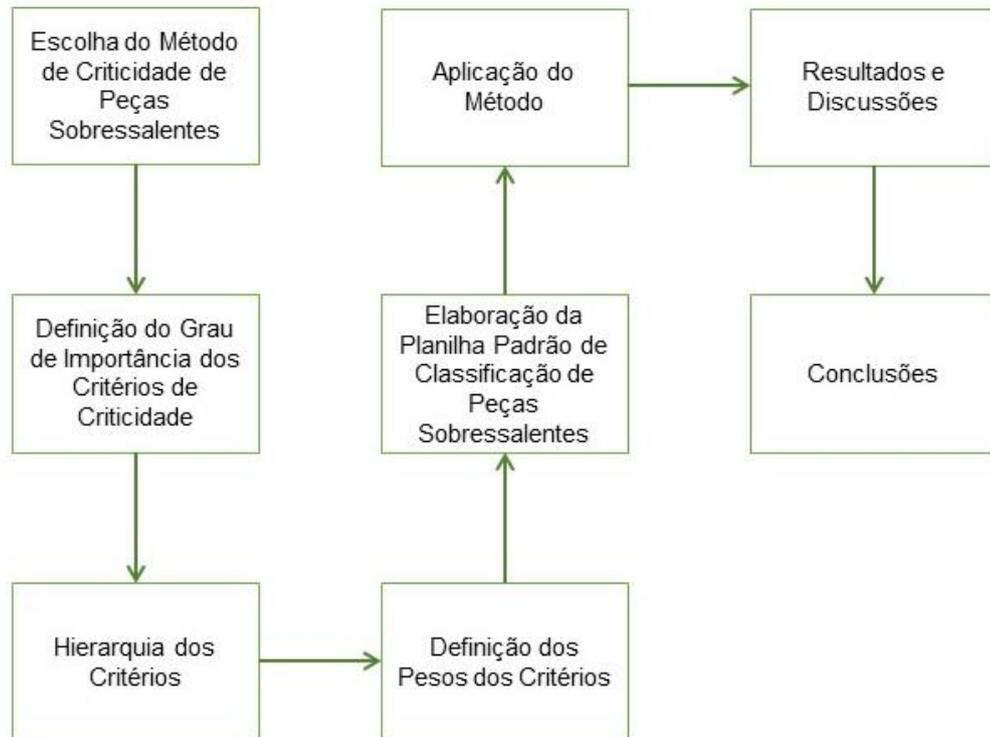
Com os pesos dos critérios estabelecidos, a criticidade das peças foi classificada quantitativa e qualitativamente. A criticidade obtida pelo somatório dos critérios individuais, separados em duas áreas: manutenção e logística, fornece a classificação de forma quantitativa. A classificação qualitativa da criticidade, é obtida pela composição do somatório dos critérios de manutenção e logística, através de faixas de valores pré-definidos. Logo, dependendo do valor quantitativo calculado, a peça sobressalente pode ser classificada com criticidade “Baixa”, “Média” ou “Alta”.

Antes de classificar a criticidade, é necessário elaborar as listas técnicas das peças sobressalentes utilizadas em cada equipamento. As listas são elaboradas através dos catálogos técnicos e das listas de peças fornecidas pelos agentes autorizados dos fabricantes dos equipamentos. Vale salientar que a aplicação do método, no presente trabalho, é delimitada a um equipamento crítico identificado no trabalho de Castro Neto (2017).

Após a elaboração da lista técnica de peças sobressalentes, é necessário levantar as informações do custo de cada peça e do tempo de reposição (*Lead Time*). Tais informações são obtidas através de orçamentos juntamente aos possíveis fornecedores.

Para facilitar a padronização da coleta de dados, é criada uma planilha eletrônica possibilitando o tratamento dos mesmos. A planilha é a Ferramenta de Diagnóstico, na qual é possível inserir os dados necessários de forma padronizada e, ao final da análise a mesma retorna o as informações de criticidade. Esta ferramenta é utilizada pelos gestores da manutenção para realizar a classificação de criticidade de peças sobressalentes. A sequência do desenvolvimento do trabalho é ilustrada na figura abaixo.

Figura 8 – Fluxo do desenvolvimento do trabalho.



Fonte: Autoria própria.

### 3.1 Características Gerais do Método

O método tem por objetivo a identificação das peças sobressalentes cruciais, tanto para a manutenção do equipamento quanto para a logística. Selecionando as áreas e os critérios apropriados o método permite explicitar a criticidade de peças sobressalentes, salientando a importância à sua influência na eficiência do processo de remoção da falha, bem como sobre o processo de compra e armazenamento das peças. A classificação de uma peça sobressalente resulta em sua alocação em uma categoria apropriada, logo é possível definir atividades e políticas para o gerenciamento ótimo da mesma.

### 3.2 Critérios de Classificação

Os critérios de classificação são determinados em duas áreas, manutenção e logística. Na primeira área, ou seja, na manutenção do equipamento, são determinados os seguintes critérios: categoria da máquina, tempo de troca da peça, complexidade no processo de troca, tipo de falha, frequência da falha, qualificações do colaborador para trocar a peça sobressalente.

O critério de categoria do equipamento ( $C_E$ ) descreve a importância do mesmo no processo produtivo. Neste caso, o equipamento pode ser classificado em quatro categorias (A, B, C e D), se for classificado na categoria A é considerado um gargalo no processo produtivo, ou seja, não possui equipamento reserva. Para o caso de falha de um equipamento de criticidade A, é necessário que a peça sobressalente esteja disponível imediatamente para que o equipamento volte a operar o mais rápido possível.

O critério do tempo de troca ( $T_t$ ) descreve o tempo previsto para a troca de uma determinada peça sobressalente em caso de defeito. O critério de complexidade do processo de troca ( $C_{tp}$ ) determina a escala de complexidade que incorre na troca de determinada peça sobressalente. O tempo total de remoção da falha será influenciado pela complexidade do processo de troca da peça, dessa forma o número de atividades e as dificuldades na execução condicionarão a criticidade da peça sobressalente. Portanto, um dos critérios de avaliação de criticidade da peça sobressalente é o nível de qualificação que o colaborador precisará para trocar a peça ( $N_q$ ).

Os critérios de tipo de falha ( $T_f$ ) e frequência da falha ( $F_f$ ), estão diretamente conectados ao fornecimento de informações sobre a taxa de falha da peça sobressalente avaliada. O primeiro critério estabelece se a falha relacionada à peça é acidental ou crônica, isto é, falha que se repete periodicamente. As falhas que acontecem acidentalmente possuem um impacto maior no processo de eliminação da mesma, uma vez que são mais difíceis de prever. A Tabela (1) exhibe detalhadamente os critérios propostos para a área de manutenção, bem com as características de cada um e a pontuação adotada.

Tabela 1 – Critérios de classificação da área de manutenção.

Área	Critério	Característica	Pontos
<b>MANUTENÇÃO</b>	Categoria do Equipamento $C_{Eq}$	A	4
		B	3
		C	2
	Tempo de troca da Peça $T_t$	Até 2 horas	1
		2 – 4 horas	2
		Mais de 4 horas	3
	Complexidade no processo de troca da peça $C_{tp}$	Fácil – Desmontagem de poucos componentes, não requer ferramenta especial.	1
		Médio – Desmontagem de alguns componentes, requer alguma ferramenta em particular.	2
		Difícil – Desmontagem de muitos componentes, ferramentas especiais necessárias.	3
	Tipo de Falha $T_f$	Acidental	1
		Crônica	2
	Frequência da Falha $F_f$	Até 2 por ano	1
		3 – 4 por ano	2
		Mais que 4 por ano	3
	Nível de Qualificação do Colaborador para trocar a peça $N_q$	Baixo – Experiência básica na manutenção do equipamento	1
Médio – Permissão especial para manutenção		2	
Especializado – Terceirização é necessária.		3	

Fonte: Antosz e Ratnayake (2016).

Para a área de logística são elencados os seguintes critérios: custo da peça, tempo de reposição (lead time), tipo de armazenamento e quantidade de possíveis fornecedores.

O critério de custo da peça sobressalente ( $C_p$ ) tem a importância de estimar o valor da compra e o valor do inventário de peças sobressalentes. Devido à falta de recursos financeiros, muitas vezes, as empresas não armazenam as peças sobressalentes críticas. Não obstante, armazenam muitas peças desnecessárias das quais, por vezes, o custo da compra é maior que o custo de peças sobressalentes críticas.

O critério de tempo de reposição (lead time) ( $L_T$ ) considera o tempo em que a peça será recolocada em estoque desde a compra até o recebimento e a inserção no estoque. Para a classificação de peças sobressalentes, o critério de quantidade de possíveis fornecedores ( $Q_f$ ) é uma informação importante, uma vez que a quantidade influencia no preço e no tempo de reposição. O critério de armazenamento ( $T_a$ ) está incumbido de fornecer informações sobre o caminho e as condições necessárias para o processo de armazenamento das peças sobressalentes, facilitando consideravelmente a sua organização adequada. A Tabela (2) exhibe detalhadamente os critérios propostos para a área de logística, bem com as características de cada um e a pontuação adotada.

Tabela 2 - Critérios de classificação da área de logística.

Área	Critério	Característica	Pontos
LOGÍSTICA	$C_p$	Baixo	1
		Médio	2
		Alto	3
	$L_t$	Curto	1
		Médio	2
		Longo	3
	$T_a$	A peça não requer qualquer condição especial de armazenamento.	1
		A peça requer condições particulares de armazenagem	2
		A peça requer condições especiais de armazenamento	3
	$Q_f$	Somente 1	3
		De 2 a 4	2
		5 ou mais	1

Fonte: Antosz e Ratnayake (2016).

### 3.3 Categorias de Peças Sobressalentes

As categorias de peças sobressalentes são determinadas com combinação com a área de manutenção e logística. Para que seja a peça seja enquadrada em determinada categoria os valores dos indicadores de  $IC_{am}$  (indicador de criticidade da área de manutenção) e  $IC_{al}$  (indicador de criticidade da área de logística) devem ser determinados de acordo com as formulas (1) e (2), como segue:

$$IC_{am} = w_1 C_E + w_2 T_t + w_3 C_{tp} + w_4 T_f + w_5 F_f + w_6 N_q \quad (1)$$

$$IC_{al} = w_1 C_p + w_2 L_t + w_3 T_a + w_4 Q_f \quad (2)$$

Os valores de  $C_E$ ,  $T_t$ ,  $C_{tp}$ ,  $T_f$ ,  $F_f$ ,  $N_q$ ,  $C_p$ ,  $L_t$ ,  $T_a$  e  $Q_f$  devem ser determinados de acordo com os valores encontrados nas tabelas (1) e (2). Contudo, os valores dos pesos dos critérios ( $w_i$ ) podem ser determinados de acordo com as necessidades da empresa. Por sua vez, a soma dos pesos dos critérios de ambos os indicadores deverá ser igual a 1. Com base na soma dos valores dos indicadores  $IC_{am}$  e  $IC_{al}$ , de

acordo com as formulas (1) e (2), a categoria da peça sobressalente na área específica deve ser determinada.

A Tabela (3) apresenta as possíveis categorias de classificação de peças sobressalentes.

Tabela 3 – As categorias de peças sobressalentes propostas.

Categoria da peça sobressalente.	Características	
	Manutenção	Logística
<b>A – Peça Crítica</b> $IC_{am} \geq 2.5$ E $IC_{al} \geq 2.5$	Disponibilidade imediata, alta taxa de falha, exige habilidades especiais do colaborador ou terceirização necessária.	Disponibilidade imediata, tempo de reposição longo, apenas um fornecedor, alto custo, condições especiais de armazenamento são necessárias.
<b>B – Peça Necessária</b> $1.5 \leq IC_{am} < 2.5$ E $1.5 \leq IC_{al} < 2.5$	Disponibilidade necessária no menor tempo possível, taxa e falha média, habilidades especiais do colaborador são necessárias.	Disponibilidade necessária no menor tempo possível, disponível em pelo menos dois fornecedores, prazo médio de reposição, custos médios, não são necessárias condições especiais de armazenamento.
<b>C – Outras Peças não classificadas em A ou B</b> $IC_{am} < 1.5$ E $IC_{al} < 1.5$	Compra em pouco tempo, não quer habilidades especiais, baixa taxa de falhas.	Compra em curto espaço de tempo, muitos fornecedores. Baixo custo de compra, não são necessárias condições especiais de armazenamento.

Fonte: Antosz e Ratnayake (2016).

Para este método, duas categorias são atribuídas para uma peça sobressalente analisada, uma categoria na área de manutenção e outra na área de logística. A Tabela (4) deve ser usada para determinar a categoria em que a peça sobressalente se enquadrará. A Tabela (4) contém recomendações de ações para cada categoria. Para qualificar as categorias específicas para avaliação final, a área de manutenção possui uma importância maior.

Tabela 4 – Avaliação final da categoria e ações recomendadas.

Manutenção	Logística	Categoria	Nível de Criticidade	Estratégia	Ações Recomendadas
A	A	AA	<b>ALTA</b>	Disponibilidade de armazenamento obrigatório.	Supervisão especial sobre a disponibilidade e qualidade da peça, controle visual.
A	B	AB			
A	C	AC			
B	A	BA	<b>MÉDIA</b>	Disponibilidade de armazenamento recomendada dentro das possibilidades financeiras e de armazenamento da empresa.	Supervisão sobre a disponibilidade da peça necessária, controle visual.
B	B	BB			
B	C	BC			
C	A	CA	<b>BAIXA</b>	Não é necessária disponibilidade de armazenamento, compra sob demanda. Armazenamento decidido pela empresa.	
C	B	CB			
C	C	CC			

Fonte: Antosz e Ratnayake (2016).

#### 4 RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados do trabalho, a fim de atingir os objetivos do mesmo, bem como a discussão pertinente.

Para consolidar o presente trabalho é necessário ter uma estruturação básica da manutenção, ou seja, realizar o mapeamento dos locais de instalação, dos equipamentos e dos seus sobressalentes. Ao identificar os locais de instalação e os equipamentos é necessário criar a árvore lógica, ou seja, a hierarquia que os equipamentos representam. Assim sendo, é possível identificar os equipamentos principais, bem como os periféricos que permitem que o sistema cumpra a sua função requerida.

A estruturação da manutenção pode ser verificada no trabalho de Castro Neto (2017), onde é feito, manualmente, o levantamento dos processos e dos equipamentos dentro de uma estrutura lógica de funcionamento. Ao identificar os processos e os equipamentos que os compõe, é feita a identificação dos locais de instalação desses equipamentos. Com os equipamentos identificados é necessário classificá-los de acordo com a criticidade dos mesmos para os processos. Assim sendo, os equipamentos com alta criticidade são aqueles que deverão receber uma

atenção especial, uma vez que a falha desses equipamentos acarretará em maiores distúrbios para a produção e para a manutenção.

Com os equipamentos classificados de acordo com a sua criticidade para o processo, é necessário elaborar as listas técnicas dos equipamentos. Para validar a ferramenta analítica de classificação com o método de Antosz e Ratnayake (2016), é elaborada a lista técnica de um equipamento crítico. O equipamento em questão é a Unidade Hidráulica, a qual é responsável por controlar o avanço e o retorno dos cilindros hidráulico das grelhas que alimentam a caldeira. A Figura (9) ilustra o equipamento utilizado para a realização da análise de criticidade de suas peças sobressalentes.

Figura 9 – Unidade Hidráulica de avanço e retorno dos cilindros das grelhas.



Fonte: Autoria própria.

#### 4.1 Lista Técnica de Peças Sobressalentes

De certa forma, alguns equipamentos carecem de informações sobre seus componentes e peças de reposição. Dessa forma, é necessário que os equipamentos, em eventual oportunidade, sejam desmontados e as peças sejam identificadas. A Figura (10) ilustra as informações dos equipamentos como local de instalação, descrição técnica, lista de peças sobressalentes, código de controle e o arquivo técnico do equipamento.

Figura 10 - Informações técnicas dos equipamentos e suas peças sobressalentes.

TAG (Local de Instalação)	Imagem do Conjunto	Imagem
2225-UTE-GVP-CAL-UNH-UH1	Unidade Hidráulica dos Atuadores do Grelhado	
400011	Unidade Hidráulica PLACA DE COMANDO REXROTH 1HSR06 TN06 SERIE 22 FILTRO DE RETORNO SIMPLES REXROTH ABZFRS 160L/MIN TN160 MALHA 10µm VÁLVULA REGULADORA DE VAZÃO REXROTH 2FRM6 25L/MIN TN6 SERIE 32 VÁLVULA DIRECIONAL REXROTH 4WE6 350BAR 80L/MIN C.C.24V TN6 SERIE 61	Arq. Técnico
	Lista de Peças	Quantidade de Sobressalentes
400012	Motor Elétrico Trifásico WEG 7,5CV 112M 4P 220/380V 1740RPM MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO WEG 7,5CV 112M 4P 220/380V 1740RPM ROLAMENTO DIÂNTEIRO 6207 ZZ ROLAMENTO TRASEIRO 6206 ZZ	Arq. Técnico
	Descrição Técnica Equipamento	
400013	Motor Elétrico Trifásico WEG 7,5CV 112M 4P 220/380V 1740RPM MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO WEG 7,5CV 112M 4P 220/380V 1740RPM ROLAMENTO DIÂNTEIRO 6207 ZZ ROLAMENTO TRASEIRO 6206 ZZ	Arq. Técnico
	Código de Controle	Arquivo Técnico: Desenhos, Manuais, Análises

Fonte: Castro Neto (2017).

Com as informações fornecidas pela ferramenta de estruturação da manutenção, fica evidente a organização das informações, com vistas a facilitar o trabalho dos mantenedores e operadores. A lista de peças é importante para compor o histórico dos equipamentos, uma vez que ao saber quais e quantos serviços foram realizados em determinado equipamento, bem como quais as peças foram substituídas, os gestores da manutenção terão informações mais precisas do equipamento. É muito importante que a manutenção tenha essas informações precisas para que possa manter os custos no nível mais baixo.

De posse da lista de peças de cada equipamento, é possível buscar informações da área de logística, expostas na Tabela (2).

## 4.2 Ferramenta Analítica de Classificação

Esta ferramenta possibilita um maior controle aos setores de manutenção e materiais. Ela reúne informações essenciais para aumento da confiabilidade dos serviços de manutenção, uma vez que cada peça pode ser analisada em termos de criticidade, custo, quantidade mínima, tempo de reposição, demanda total e condições de armazenamento. Esta ferramenta foi elaborada em planilha eletrônica para que a análise possa ser feita rapidamente com a inserção de alguns dados. A ferramenta possui como base o método explicitado no presente trabalho.

A ferramenta é composta por uma série campos que deverão ser preenchidos corretamente pelas áreas correspondentes da empresa. Estes campos fornecerão informações para a parametrização dos materiais, aumentando assim o nível de controle. Inicialmente todos os campos de Área Solicitante deverão ser preenchidos corretamente pelo usuário solicitante. A Figura (11) ilustra os campos que deverão ser preenchidos pelo usuário que solicita a parametrização do material.

Figura 11 – Campos a serem preenchidos pelo usuário solicitante.

ÁREA SOLICITANTE						
Data	Usuário Solicitante			Ramal	Setor	Unidade
Código Sistema	Texto Breve do Material			UND	Nome do Equipamento	
Tipo de Material	Descrição Completa do Material			Class. Equip.	Número do Equipamento	
Material é Químico?	Material é Perecível?	Material Sob Desenho?	Material é Importado?	Aplicado Equipamento novo?	Substitui outro Material?	
Sugestão de Fornecedores			Contato	Fone	E-mail	
1º						
2º						
3º						
4º						
5º						

Fonte: Autoria própria.

Com todos os campos preenchidos pelo usuário solicitante, a ferramenta é preenchida pelo setor de Compras. Este setor é responsável por incrementar as informações com o custo do material e estoque, tempos da cadeia de suprimentos, quantidades de estoque e ponto de reposição. A Figura (12) mostra os campos que deverão ser preenchidos pelo responsável do setor de Compras.

Figura 12 – Campos preenchidos pelo responsável de compras.

COMPRAS						
Setor	Comprador / Analista de Suprimentos			Ramal	Data	
Lead-Time MRP (dias)	Lead-Time Suprimentos (dias)	Lead-Time Fornecedor (dias)	Lead-Time Transportador (dias)	Lead-Time Célula	Lead-Time TOTAL	Média Lead-time
Valor Unitário (R\$)	Curva ABC	Estoque de Segurança	Ponto de Reposição	Estoque Máximo	Valor Inclusão Estoque	

Fonte: Autoria própria.

Após o preenchimento pelo setor de Compras, a ferramenta é encaminhada para o setor de Administração de Materiais para preencher os campos correspondentes. O setor de Administração de Materiais fornecerá informações sobre

o consumo do material, ou seja, quando é um material de uso regular existe uma quantidade prevista de consumo com base no histórico de entrada e saída em estoque. Caso o material seja um item novo, ou seja, ainda não cadastrado, a demanda pode ser prevista pelos planos de manutenção preventiva, por exemplo. A Figura (13) mostra os campos que deverão ser preenchidos pelo responsável do setor de Administração de Materiais.

Figura 13 – Campos a serem preenchidos pelo Administrador de materiais.

ADMINISTRAÇÃO DE MATERIAIS								
Setor	Responsável					Ramal	Data	
Quantidade de Equipamentos na Indústria	Quantidade Aplicada por Equipamento		Histórico de Consumo ( ULTIMOS 12 MESES )				Consumo Total	
			jan-17	fev-17	mar-17	abr-17	maio-17	jun-17
			-	-	-	-	-	-
Quantidade Múltipla Aplicada	Incluir o Item em Estoque?		jul-17	ago-17	set-17	out-17	nov-17	dez-17
			-	-	-	-	-	-
Consumo Previsto	Periodicidade		JUSTIFICATIVA DETALHADA PARA INCLUSÃO DO MATERIAL EM ESTOQUE					Menor Consumo
Condição especial de Armazenamento?	Tempo médio de vida útil							Consumo Médio
PLANO DE CONTIGÊNCIA CASO O MATERIAL VENHA A FALTAR EM ESTOQUE ( OBRIGATÓRIO PARA MATERIAL CRÍTICO )								
CUIDADOS NA ARMAZENAGEM E/OU MANUTENÇÃO DA FUNÇÃO								

Fonte: Autoria própria.

Quando o usuário solicitante preencher os campos de Área Solicitante, ele deverá informar a classificação do equipamento de acordo com a criticidade do mesmo para o processo. Quando o material for de um equipamento crítico, ou item de manutenção, deverá ser realizada uma análise de confiabilidade de acordo com a metodologia. A Análise de Confiabilidade determinará a criticidade do material, ou seja, será realizada a classificação de acordo com os critérios pré-estabelecidos nas Tabelas (1) e (2). Cada área solicitante poderá inferir os valores dos pesos dos critérios em acordo comum com a manutenção, operação e logística, e de acordo com os objetivos da empresa ou do setor. A Figura (114) mostra os campos a serem completados pela Engenharia de Manutenção para a realização da classificação da criticidade do material.

Figura 14 – Campos a serem analisados pela Engenharia de Manutenção.

ANÁLISE DE CONFIABILIDADE											
1. Categoria da Máquina			Pontos			2. Tempo de Trocada Peça			Pontos		
1.1	Criticidade A	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	4	2.1	Mais que 8 horas	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	3	2.2	De 2 à 8 horas	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	2
1.2	Criticidade B	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	3	2.3	Até 2 horas	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	1				
1.3	Criticidade C	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	2								
3. Complexidade da troca da Peça			Pontos			4. Tipo de Falha			Pontos		
3.1	Difícil - Atividade Complexa	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	3	4.1	Falha Crônica	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	2	4.2	Falha Acidental	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	1
3.2	Média - Complexidade Moderada	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	2								
3.3	Fácil - Atividade Sucinta	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	1								
5. Frequência da Falha			Pontos			6. Qualificação Necessária para Troca da Peça			Pontos		
5.1	Mais que 16 vezes por Ano	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	3	5.1	Outsourcing - Terceirização	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	3	5.2	Média- Premissão Especial	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	2
5.2	De 8 a 16 Vezes por Ano	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	2	5.3	Baixa - Experiência Básica	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	1				
5.3	Até 8 vezes por Ano	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	1								
7. Custo da Peça			Pontos			8. Lead Time			Pontos		
7.1	Alto Custo	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	3	8.1	Lead Time Longo	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	3	8.2	Lead Time Médio	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	2
7.2	Custo Médio	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	2	8.3	Lead Time Curto	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	1				
7.3	Baixo Custo	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	1								
9. Tipo de Armazenamento			Pontos			10. Quantidade de Potenciais Fornecedores			Pontos		
9.1	Requer Armazenamento Especial	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	3	10.1	Somente 1 Fornecedor	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	3	10.2	De 1 a 4 Fornecedores	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	2
9.2	Requer Cuidados Paricular	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	2	10.3	Mais que 4 Fornecedores	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	1				
9.3	Armazenamento Comum	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	1								

Manutenção					
$C_m$	$T_t$	$C_{tp}$	$F_f$	$F_f$	$N_q$
Categoria da Máquina	Tempo troca da Peça	Complexidade da Troca	Tipo de Falha	Frequência da Falha	Qualificação Nec. Para Troc
3,0	2,0	1,0	1,0	2,0	1,0
PREENCHER FORMULÁRIO					
$IC_{am}$ :					

Logística			
$C_p$	$L_t$	$T_a$	$Q_f$
Custo da Peça	Lead Time	Tipo Armazenamento	Quantidade Pot. Forneec.
2,0	3,0	1,0	4,0
PREENCHER FORMULÁRIO			
$IC_{al}$ :			

ANÁLISE COMBINADA				
ENQUADRAMENTO		CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	Estratégia	Ações Recomendadas
$IC_{am}$	$IC_{al}$	CATEGORIA		
			PREENCHER FORMULÁRIO	

Fonte: Autoria própria.

Após o preenchimento completo do formulário, ele permitirá que a empresa tenha uma ferramenta analítica para análise dos seus materiais. A ferramenta retornará os valores de  $IC_{am}$  e  $IC_{al}$  definindo o enquadramento da peça sobressalente. Conforme o enquadramento em que a peça se encaixar, a ferramenta retornará à classificação da criticidade, juntamente com as estratégias e recomendações a serem seguidas.

#### 4.2.1 Aplicação da Análise de Confiabilidade

Para realizar a análise de confiabilidade das peças sobressalentes, é necessário buscar informações de preço e tempo de reposição junto aos fornecedores. Os orçamentos foram realizados, por e-mail e telefone, entre os dias 13/11 e 17/11. As peças orçadas estão expostas na Figura (10).

A análise é conduzida juntamente com os operadores e mantenedores, uma vez que aumenta a precisão da análise. A experiência dos mantenedores e

operadores definirá o grau de criticidade das peças sobressalentes. A Tabela (5) compila os resultados obtidos ao aplicar a análise de confiabilidade da ferramenta.

Tabela 5 – Resultado da análise de confiabilidade.

	<b>Peça</b>	<b>Preço</b>	<b>Fornecedores</b>	<b>Tempo Repo.</b>	<b>Categoria</b>
A	Placa 1HSR06	R\$ 539,00	1	4 Dias	<b>BB</b>
B	Filtro ABZFRS	R\$ 614,00	1	4 Dias	<b>AB</b>
C	Válvula 2FRM6	R\$ 3.046,00	1	4 Dias	<b>BB</b>
D	Válvula 4WE6	R\$ 713,00	1	4 Dias	<b>BB</b>
E	Rolamento 6207 zz	R\$ 20,00	4	3 Dias	<b>AC</b>
F	Rolamento 6206 zz	R\$ 15,00	4	3 Dias	<b>AC</b>

Fonte: Autoria própria.

A categoria da peça é obtida pela combinação da criticidade para área de manutenção e logística. Vale lembrar que a área de manutenção tem maior peso, sendo a categoria predominante. A análise de confiabilidade para cada peça, através da ferramenta analítica, pode ser visualizada nos Apêndices de A a F.

### 4.3 Padrão Gerencial de Classificação de Sobressalentes

O Padrão Gerencial (PG) traduz os passos necessários para a realização da classificação dos equipamentos e suas peças sobressalentes. O PG foi construído com base em outros padrões já consolidados na empresa.

O PG de Classificação da Criticidade de Equipamentos e Peças Sobressalentes contém a descrição dos métodos adotados para a classificação, bem como, os documentos relacionados e os procedimentos para a condução correta da análise. O PG-MAN-UTE-002 (Padrão Gerencial da Manutenção da Usina Termoelétrica) estabelece diretrizes para análise de criticidade dos ativos da planta e de peças sobressalentes, visando o aprimoramento no controle dos equipamentos críticos nos sistemas e de peças sobressalentes. O PG pode ser visualizado no Apêndice G do presente trabalho.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através de uma extensa revisão bibliográfica, o presente trabalho fornece um suporte para o desenvolvimento da Gestão da Manutenção de Ativos, uma vez que o trabalho aborda os diferentes conceitos e temas acerca de um panorama da manutenção de classe mundial. O trabalho visa contribuir para que o Curso de Engenharia Mecânica da UNIPAMPA inclua em sua grade curricular componentes que abordam a Gestão de Ativos e a Gestão da Manutenção. O trabalho está em consonância com a missão da instituição, pois o conhecimento explanado foi utilizado para a solução de um problema real em uma organização da região de abrangência do Campus Alegrete.

A proposta deste trabalho foi contribuir para o controle das peças sobressalentes dos equipamentos críticos da Usina Termoelétrica da Cooperativa Agroindustrial de Alegrete. Assim sendo, os objetivos do trabalho foram alcançados, pois houve a contribuição na aplicação de uma ferramenta analítica de classificação de criticidade de peças sobressalentes. A ferramenta demonstra-se flexível e de fácil utilização, permitindo a rápida visualização de resultados de maneira quantitativa e qualitativa.

O método identificou, para um equipamento crítico, quais as peças que não podem faltar em estoque em caso de ocorrência de uma falha. O tempo de remoção da falha está diretamente ligado à disponibilidade das peças em estoque. Por sua vez, a disponibilidade das peças em estoque está diretamente ligada às condições financeiras da empresa, uma vez que manter estoques implica em altos custos de manutenção dos mesmos. Não obstante, os custos da falta de estoque impactam ainda mais na saúde financeira da empresa, pois haverá perdas nas vendas, parada da produção, pagamentos de multas contratuais, deterioração da imagem da empresa e possíveis reprogramações de atividades e usos de planos de contingência.

Utilizando a ferramenta analítica, a organização consolida uma abordagem sistêmica para o mapeamento das peças críticas. Através da padronização do método, por meio de um Padrão Gerencial da Manutenção, a organização poderá executar a ferramenta de forma precisa.

A partir do desenvolvimento deste trabalho e, como sugestão para trabalhos futuros, as próximas pesquisas poderiam envolver:

- Desenvolver políticas de estoque para cada categoria de criticidade das peças sobressalentes;

- Expandir o trabalho para os demais setores da empresa;
- Definir as quantidades mínimas e ponto de reposição das peças sobressalentes;
- Outros métodos e procedimentos para a definição da criticidade de peças sobressalentes.

## REFERÊNCIAS

ANTOSZ, Katarzyna; RATNAYAKE, RM Chandima. **Classification of spare parts as the element of a proper realization of the machine maintenance process and logistics-case study**. IFAC-PapersOnLine, v. 49, n. 12, p. 1389-1393, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462: Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BRANCO FILHO, G. **A Organização, O planejamento e o Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2008.

CAMPBELL, John D.; JARDINE, Andrew KS; MCGLYNN, Joel (2Ed.). **Asset management excellence: optimizing equipment life-cycle decisions**. CRC Press, 2016.

CARREIRA, F.; SILVA, L.; CANEIRA, T. **Manutenção – Evolução e Sua Importância**. Lisboa: ISEL DEM, 2010.

CASTRO NETO, O. P. Determinação da priorização de equipamentos para manutenção por método de criticidade. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica), UNIPAMPA, Alegrete, 2017.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de Produção E Operações: Manufatura E Serviços: Uma Abordagem Estratégica – 2. Ed. – 6. Reimp.** São Paulo: Editora Atlas SA, 2011.

DALEY, D. T. **Predictive and Preventive Maintenance**. New York: CED Engineering, 2011.

DHILLON, Balbir S. **Engineering maintenance: a modern approach**. cRc press, 2002.

DRUCKER, Peter F. **Management Rev Ed**. Zondervan, 2008

GARG, Jatin. **Maintenance: Spare Parts Optimization**. Ecole Centrale de Paris, Department of Industrial Engineering, 2013.

GFMAM. The Maintenance Framework 1ª Ed. Disponível em: [http://www.gfmam.org/files/GFMAM\\_THE\\_MAINTENANCE\\_FRAMEWORK\\_FIRST\\_EDITION\\_ENGLISH\\_VERSION.pdf](http://www.gfmam.org/files/GFMAM_THE_MAINTENANCE_FRAMEWORK_FIRST_EDITION_ENGLISH_VERSION.pdf)

GONÇALVES, Edson. **Manutenção Industrial - Do estratégico ao Operacional**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda. 2015.

KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: Função Estratégica. 4ª edição**. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2012. 440 p.

LI, L.; LIU, M.; SHEN, W.; CHENG, G.; **An improved stochastic programming model for supply chain planning of MRO spare part**. Applied Mathematical Modelling 47 (2017) 189-207.

MARQUEZ, Adolfo Crespo; GUPTA, Jatinder ND. **Contemporary maintenance management: process, framework and supporting pillars**. Omega, v. 34, n. 3, p. 313-326, 2006.

MORO, N.; AURAS, A. P. **Introdução à Gestão da Manutenção**. Florianópolis: CEFET/SC, 2007.

MOUBRAY, John. **Reliability-centered maintenance**. Industrial Press Inc., 1997.

PEREIRA, M. J. **Engenharia de Manutenção – Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2011.

REGO, J. R. do; MESQUITA, M. A. de. **Spare parts inventory control: a literature review**. Produção, v. 21, n. 4, p. 656-666, 2011.

RSA – World Class Maintenance Management Dicipines. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/63701699/World-Class-Maintenance-3-Days>

SAGGIORO, Eduardo; et al. **Gestão de Estoque MRO – Otimizando a Logística de Pelas de Reposição**. Mundo Logística, v. 1, n. 4, p. 7-10, 2007.

SHROTRI, A. P.; KHANDAGALE, S. B. **Design of a Predictive Maintenance Program**. International Journal of Engineering and Advanced Technology, v. 1, n. 4, p. 242-246, 2012.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção 3ª ed**. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUZA, V. C. **Organização e gerência da manutenção: planejamento, programação e controle de manutenção. 5ª edição**. São Paulo: All Print Editora, 2013.

SULLIVAN, G. P. et al. **Operations & Maintenance Best Practices. A guide to achieving operational efficiency**, Release, v. 3, 2010.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo: Editora Atlas S.A, 2005.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, v. 171, 1998.

## APÊNDICE A – Aplicação da Ferramenta Analítica de Classificação da Criticidade da Peça A.

ANÁLISE DE CONFIABILIDADE											
1. Categoria da Máquina						2. Tempo de Trocada Peça					
1.1 Criticidade A	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não				2.1 Mais que 4 horas	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não			
1.2 Criticidade B	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não				2.2 De 2 à 4 horas	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não			
1.3 Criticidade C	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não				2.3 Até 2 horas	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não			
3. Complexidade da troca da Peça						4. Tipo de Falha					
3.1 Difícil - Atividade Complexa	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não				4.1 Falha Crônica	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não			
3.2 Média - Complexidade Moderada	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não				4.2 Falha Acidental	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não			
3.3 Fácil - Atividade Sucinta	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não									
5. Frequência da Falha						6. Qualificação Necessária para Troca da Peça					
5.1 Mais que 4 vezes por Ano	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não				6.1 Outsourcing - Terceirização	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não			
5.2 De 3 a 4 vezes por Ano	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não				6.2 Média - Premissão Especial	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não			
5.3 Até 2 vezes por Ano	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não				6.3 Baixa - Experiência Básica	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não			
7. Custo da Peça						8. Lead Time					
7.1 Alto Custo	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não				8.1 Lead Time Longo	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não			
7.2 Custo Médio	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não				8.2 Lead Time Médio	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não			
7.3 Baixo Custo	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não				8.3 Lead Time Curto	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não			
9. Tipo de Armazenamento						10. Quantidade de Potenciais Fornecedores					
9.1 Requer Armazenamento Especial	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não				10.1 Somente 1 Fornecedor	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não			
9.2 Requer Cuidados Paricular	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não				10.2 De 1 a 4 Fornecedores	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não			
9.3 Armazenamento Comum	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não				10.3 Mais que 4 Fornecedores	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não			

Manutenção						B
$C_m$	$T_t$	$C_{tp}$	$F_t$	$F_f$	$N_p$	
Categoria da Máquina	Tempo troca da Peça	Complexidade da Troca	Tipo de Falha	Frequência da Falha	Qualificação Nec. Para Troca	
3,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	
<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	CRITICIDADE MÉDIA
						$IC_{am}: 2,20$

Logística				B
$C_p$	$L_t$	$T_a$	$Q_f$	
Custo da Peça	Lead Time	Tipo Armazenamento	Quantidade Pot. Fornecedor	
2,0	3,0	1,0	4,0	
<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	CRITICIDADE MÉDIA
				$IC_{al}: 2,10$

ANÁLISE COMBINADA					
ENQUADRAMENTO			CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	Estratégia	Ações Recomendadas
$IC_{am}$	$IC_{al}$	CATEGORIA			
B	B	BB	B	PEÇA NECESSÁRIA!	Disponibilidade de armazenamento recomendada dentro das possibilidades financeiras e de armazenamento da empresa.
			Supervisão sobre a disponibilidade da peça necessária, controle visual.		

## APÊNDICE B – Aplicação da Ferramenta Analítica de Classificação da Criticidade da Peça B.

ANÁLISE DE CONFIABILIDADE									
<b>1. Categoria da Máquina</b>			<b>Pontos</b>		<b>2. Tempo de Trocada Peça</b>			<b>Pontos</b>	
1.1 Criticidade A	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	4		2.1 Mais que 4 horas	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
1.2 Criticidade B	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	3		2.2 De 2 à 4 horas	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	2	
1.3 Criticidade C	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	2		2.3 Até 2 horas	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	1	
<b>3. Complexidade da troca da Peça</b>			<b>Pontos</b>		<b>4. Tipo de Falha</b>			<b>Pontos</b>	
3.1 Difícil - Atividade Complexa	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	3		4.1 Falha Crônica	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	2	
3.2 Média - Complexidade Moderada	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	2		4.2 Falha Acidental	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	1	
3.3 Fácil - Atividade Sucinta	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	1						
<b>5. Frequência da Falha</b>			<b>Pontos</b>		<b>6. Qualificação Necessária para Troca da Peça</b>			<b>Pontos</b>	
5.1 Mais que 4 vezes por Ano	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	3		5.1 Outsourcing - Terceirização	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
5.2 De 3 a 4 vezes por Ano	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	2		5.2 Média - Premissão Especial	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	2	
5.3 Até 2 vezes por Ano	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	1		5.3 Baixa - Experiência Básica	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	1	
<b>7. Custo da Peça</b>			<b>Pontos</b>		<b>8. Lead Time</b>			<b>Pontos</b>	
7.1 Alto Custo	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	3		8.1 Lead Time Longo	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
7.2 Custo Médio	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	2		8.2 Lead Time Médio	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	2	
7.3 Baixo Custo	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	1		8.3 Lead Time Curto	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	1	
<b>9. Tipo de Armazenamento</b>			<b>Pontos</b>		<b>10. Quantidade de Potenciais Fornecedores</b>			<b>Pontos</b>	
9.1 Requer Armazenamento Especial	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	3		10.1 Somente 1 Fornecedor	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	3	
9.2 Requer Cuidados Paricular	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	2		10.2 De 1 a 4 Fornecedores	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	2	
9.3 Armazenamento Comum	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	1		10.3 Mais que 4 Fornecedores	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	1	

Manutenção						
$C_m$	$T_t$	$C_{tp}$	$F_t$	$F_f$	$N_q$	Qualificação Nec. Para Troca
Categoria da Máquina	Tempo troca da Peça	Complexidade da Troca	Tipo de Falha	Frequência da Falha	Qualificação Nec. Para Troca	A
3,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	CRITICIDADE ALTA
4	2	3	1	1	2	IC <sub>am</sub> : 2,60

Logística				
$C_p$	$L_t$	$T_a$	$Q_f$	Quantidade Pot. Fomec.
Custo da Peça	Lead Time	Tipo Armazenamento	Quantidade Pot. Fomec.	B
2,0	3,0	1,0	4,0	CRITICIDADE MÉDIA
2	1	2	3	IC <sub>al</sub> : 2,10

ANÁLISE COMBINADA						
ENQUADRAMENTO			CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL		Estratégia	Ações Recomendadas
IC <sub>am</sub>	IC <sub>al</sub>	CATEGORIA				
A	B	AB	A	PEÇA CRÍTICA!	Disponibilidade de armazenamento obrigatório.	Supervisão especial sobre a disponibilidade e qualidade da peça, controle visual.

## APÊNDICE C – Aplicação da Ferramenta Analítica de Classificação da Criticidade da Peça C.

ANÁLISE DE CONFIABILIDADE			
<b>1. Categoria da Máquina</b>		<b>Pontos</b>	
1.1 Criticidade A	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	4	
1.2 Criticidade B	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
1.3 Criticidade C	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	2	
<b>2. Tempo de Trocada Peça</b>		<b>Pontos</b>	
2.1 Mais que 4 horas	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
2.2 De 2 à 4 horas	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	2	
2.3 Até 2 horas	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	1	
<b>3. Complexidade da troca da Peça</b>		<b>Pontos</b>	
3.1 Difícil - Atividade Complexa	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
3.2 Média - Complexidade Moderada	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	2	
3.3 Fácil - Atividade Sucinta	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	1	
<b>4. Tipo de Falha</b>		<b>Pontos</b>	
4.1 Falha Crônica	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	2	
4.2 Falha Acidental	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	1	
<b>5. Frequência da Falha</b>		<b>Pontos</b>	
5.1 Mais que 4 vezes por Ano	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
5.2 De 3 a 4 vezes por Ano	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	2	
5.3 Até 2 vezes por Ano	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	1	
<b>6. Qualificação Necessária para Troca da Peça</b>		<b>Pontos</b>	
6.1 Outsourcing - Terceirização	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
6.2 Média- Premissão Especial	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	2	
6.3 Baixa - Experiência Básica	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	1	
<b>7. Custo da Peça</b>		<b>Pontos</b>	
7.1 Alto Custo	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	3	
7.2 Custo Médio	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	2	
7.3 Baixo Custo	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	1	
<b>8. Lead Time</b>		<b>Pontos</b>	
8.1 Lead Time Longo	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
8.2 Lead Time Médio	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	2	
8.3 Lead Time Curto	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	1	
<b>9. Tipo de Armazenamento</b>		<b>Pontos</b>	
9.1 Requer Armazenamento Especial	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
9.2 Requer Cuidados Particular	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	2	
9.3 Armazenamento Comum	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	1	
<b>10. Quantidade de Potenciais Fornecedores</b>		<b>Pontos</b>	
10.1 Somente 1 Fornecedor	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	3	
10.2 De 1 a 4 Fornecedores	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	2	
10.3 Mais que 4 Fornecedores	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	1	

Manutenção					
$C_m$	$T_t$	$C_{TP}$	$F_t$	$F_f$	$N_q$
Categoria da Máquina	Tempo troca da Peça	Complexidade da Troca	Tipo de Falha	Frequência da Falha	Qualificação Nec. Para Troca
3,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>IC<sub>am</sub>: 2,40</b>					

Logística			
$C_p$	$L_t$	$T_a$	$Q_f$
Custo da Peça	Lead Time	Tipo Armazenamento	Quantidade Pot. Fomec.
2,0	3,0	1,0	4,0
<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>IC<sub>al</sub>: 2,30</b>			

ANÁLISE COMBINADA					
ENQUADRAMENTO			CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	Estratégia	Ações Recomendadas
$IC_{am}$	$IC_{al}$	CATEGORIA			
<b>B</b>	<b>B</b>	<b>BB</b>	<b>B</b>	<b>PEÇA NECESSÁRIA!</b>	Disponibilidade de armazenamento recomendada dentro das possibilidades financeiras e de armazenamento da empresa.
					Supervisão sobre a disponibilidade da peça necessária, controle visual.

## APÊNDICE D – Aplicação da Ferramenta Analítica de Classificação da Criticidade da Peça D.

ANÁLISE DE CONFIABILIDADE			
<b>1. Categoria da Máquina</b>		<b>Pontos</b>	
1.1 Criticidade A	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	4	
1.2 Criticidade B	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
1.3 Criticidade C	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	2	
<b>3. Complexidade da troca da Peça</b>		<b>Pontos</b>	
3.1 Difícil - Atividade Complexa	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
3.2 Média - Complexidade Moderada	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	2	
3.3 Fácil - Atividade Sucinta	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	1	
<b>5. Frequência da Falha</b>		<b>Pontos</b>	
5.1 Mais que 4 vezes por Ano	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
5.2 De 3 a 4 vezes por Ano	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	2	
5.3 Até 2 vezes por Ano	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	1	
<b>7. Custo da Peça</b>		<b>Pontos</b>	
7.1 Alto Custo	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
7.2 Custo Médio	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	2	
7.3 Baixo Custo	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	1	
<b>9. Tipo de Armazenamento</b>		<b>Pontos</b>	
9.1 Requer Armazenamento Especial	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
9.2 Requer Cuidados Paricular	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	2	
9.3 Armazenamento Comum	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	1	
<b>2. Tempo de Trocada Peça</b>		<b>Pontos</b>	
2.1 Mais que 4 horas	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
2.2 De 2 à 4 horas	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	2	
2.3 Até 2 horas	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	1	
<b>4. Tipo de Falha</b>		<b>Pontos</b>	
4.1 Falha Crônica	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	2	
4.2 Falha Acidental	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	1	
<b>6. Qualificação Necessária para Troca da Peça</b>		<b>Pontos</b>	
6.1 Outsourcing - Terceirização	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
6.2 Média- Premissão Especial	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	2	
6.3 Baixa - Experiência Básica	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	1	
<b>8. Lead Time</b>		<b>Pontos</b>	
8.1 Lead Time Longo	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
8.2 Lead Time Médio	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	2	
8.3 Lead Time Curto	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	1	
<b>10. Quantidade de Potenciais Fornecedores</b>		<b>Pontos</b>	
10.1 Somente 1 Fornecedor	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	3	
10.2 De 1 a 4 Fornecedores	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	2	
10.3 Mais que 4 Fornecedores	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	1	

Manutenção					
$C_m$	$T_t$	$C_{tp}$	$F_t$	$F_f$	$N_q$
Categoria da Máquina	Tempo troca da Peça	Complexidade da Troca	Tipo de Falha	Frequência da Falha	Qualificação Nec. Para Troca
3,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>B</b>					
CRITICIDADE MÉDIA					
<b>IC<sub>am</sub>: 2,40</b>					

Logística			
$C_p$	$L_t$	$T_a$	$Q_f$
Custo da Peça	Lead Time	Tipo Armazenamento	Quantidade Pot. Fomec.
2,0	3,0	1,0	4,0
<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>B</b>			
CRITICIDADE MÉDIA			
<b>IC<sub>al</sub>: 2,10</b>			

ANÁLISE COMBINADA					
ENQUADRAMENTO			CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	Estratégia	Ações Recomendadas
$IC_{am}$	$IC_{al}$	CATEGORIA			
<b>B</b>	<b>B</b>	<b>BB</b>	<b>B</b>	<b>PEÇA NECESSÁRIA!</b>	Disponibilidade de armazenamento recomendada dentro das possibilidades financeiras e de armazenamento da empresa.
					Supervisão sobre a disponibilidade da peça necessária, controle visual.

## APÊNDICE E – Aplicação da Ferramenta Analítica de Classificação da Criticidade da Peça E.

ANÁLISE DE CONFIABILIDADE			
<b>1. Categoria da Máquina</b>		<b>Pontos</b>	
1.1 Criticidade A	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	4	
1.2 Criticidade B	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	3	
1.3 Criticidade C	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	2	
<b>3. Complexidade da troca da Peça</b>		<b>Pontos</b>	
3.1 Difícil - Atividade Complexa	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
3.2 Média - Complexidade Moderada	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	2	
3.3 Fácil - Atividade Sucinta	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	1	
<b>5. Frequência da Falha</b>		<b>Pontos</b>	
5.1 Mais que 4 vezes por Ano	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
5.2 De 3 a 4 Vezes por Ano	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	2	
5.3 Até 2 vezes por Ano	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	1	
<b>7. Custo da Peça</b>		<b>Pontos</b>	
7.1 Alto Custo	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
7.2 Custo Médio	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	2	
7.3 Baixo Custo	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	1	
<b>9. Tipo de Armazenamento</b>		<b>Pontos</b>	
9.1 Requer Armazenamento Especial	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
9.2 Requer Cuidados Paricular	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	2	
9.3 Armazenamento Comum	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	1	
<b>2. Tempo de Trocada Peça</b>		<b>Pontos</b>	
2.1 Mais que 4 horas	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
2.2 De 2 à 4 horas	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	2	
2.3 Até 2 horas	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	1	
<b>4. Tipo de Falha</b>		<b>Pontos</b>	
4.1 Falha Crônica	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	2	
4.2 Falha Acidental	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	1	
<b>6. Qualificação Necessária para Troca da Peça</b>		<b>Pontos</b>	
6.1 Outsourcing - Terceirização	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
6.2 Média- Premissão Especial	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	2	
6.3 Baixa - Experiência Básica	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	1	
<b>8. Lead Time</b>		<b>Pontos</b>	
8.1 Lead Time Longo	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
8.2 Lead Time Médio	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	2	
8.3 Lead Time Curto	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	1	
<b>10. Quantidade de Potenciais Fornecedores</b>		<b>Pontos</b>	
10.1 Somente 1 Fornecedor	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	3	
10.2 De 1 a 4 Fornecedores	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	2	
10.3 Mais que 4 Fornecedores	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	1	

Manutenção					
$C_m$	$T_t$	$C_{tp}$	$F_t$	$F_f$	$N_q$
Categoria da Máquina	Tempo troca da Peça	Complexidade da Troca	Tipo de Falha	Frequência da Falha	Qualificação Nec. Para Troca
3,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>A</b>					
CRITICIDADE ALTA					
$IC_{am}: 2,50$					

Logística			
$C_p$	$L_t$	$T_a$	$Q_f$
Custo da Peça	Lead Time	Tipo Armazenamento	Quantidade Pot. Fomec.
2,0	3,0	1,0	4,0
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>C</b>			
CRITICIDADE BAIXA			
$IC_{al}: 1,4$			

ANÁLISE COMBINADA				
ENQUADRAMENTO		CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	Estratégia	Ações Recomendadas
$IC_{am}$	$IC_{al}$	CATEGORIA		
<b>A</b>	<b>C</b>	<b>AC</b>	<b>A</b>	<b>PEÇA CRÍTICA!</b>
			Disponibilidade de armazenamento obrigatório.	Supervisão especial sobre a disponibilidade e qualidade da peça, controle visual.

## APÊNDICE F – Aplicação da Ferramenta Analítica de Classificação da Criticidade da Peça F.

ANÁLISE DE CONFIABILIDADE																					
<b>1. Categoria da Máquina</b>			<b>Pontos</b>	<b>2. Tempo de Trocada Peça</b>			<b>Pontos</b>	<b>Manutenção</b>													
1.1 Criticidade A	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	4	2.1 Mais que 4 horas	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	3	<i>C<sub>m</sub></i>	<i>T<sub>t</sub></i>	<i>C<sub>tp</sub></i>	<i>F<sub>t</sub></i>	<i>F<sub>f</sub></i>	<i>N<sub>g</sub></i>	A							
1.2 Criticidade B	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	3	2.2 De 2 à 4 horas	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	2	Tempo troca da Peça	Complexidade da Troca	Tipo de Falha	Frequência da Falha	Qualificação Nec. Para Troca	CRITICIDADE ALTA								
1.3 Criticidade C	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	2	2.3 Até 2 horas	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	1	3,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0								
<b>3. Complexidade da troca da Peça</b>			<b>Pontos</b>	<b>4. Tipo de Falha</b>			<b>Pontos</b>	<b>6. Qualificação Necessária para Troca da Peça</b>			<b>Pontos</b>	C									
3.1 Difícil - Atividade Complexa	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	3	4.1 Falha Crônica	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	2	5.1 Outsourcing - Terceirização	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	3				CRITICIDADE BAIXA						
3.2 Média - Complexidade Moderada	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	2	4.2 Falha Acidental	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	1	5.2 Média- Premissão Especial	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	2				3,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	
3.3 Fácil - Atividade Sucinta	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	1	<b>5. Frequência da Falha</b>			<b>Pontos</b>	<b>7. Custo da Peça</b>			<b>Pontos</b>	<b>8. Lead Time</b>			<b>Pontos</b>						
5.1 Mais que 4 vezes por Ano	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	3	7.1 Alto Custo	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	3	8.1 Lead Time Longo	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	3	<b>9. Tipo de Armazenamento</b>			<b>Pontos</b>						
5.2 De 3 a 4 vezes por Ano	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	2	7.2 Custo Médio	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	2	8.2 Lead Time Médio	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	2	9.1 Requer Armazenamento Especial	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	3	<b>10. Quantidade de Potenciais Fornecedores</b>			<b>Pontos</b>		
5.3 Até 2 vezes por Ano	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	1	7.3 Baixo Custo	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	1	8.3 Lead Time Curto	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	1	10.1 Somente 1 Fornecedor	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	3	<b>ANÁLISE COMBINADA</b>					
<b>7. Custo da Peça</b>			<b>Pontos</b>	<b>8. Lead Time</b>			<b>Pontos</b>	<b>9. Tipo de Armazenamento</b>			<b>Pontos</b>	<b>10. Quantidade de Potenciais Fornecedores</b>			<b>Pontos</b>						
7.1 Alto Custo	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	3	8.1 Lead Time Longo	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	3	9.1 Requer Armazenamento Especial	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	3	10.1 Somente 1 Fornecedor	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	3	A					
7.2 Custo Médio	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	2	8.2 Lead Time Médio	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	2	9.2 Requer Cuidados Paricular	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	2	10.2 De 1 a 4 Fornecedores	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	2				PEÇA CRÍTICA!		
7.3 Baixo Custo	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	1	8.3 Lead Time Curto	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	1	9.3 Armazenamento Comum	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	1	10.3 Mais que 4 Fornecedores	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	1				Estratégia		
<b>9. Tipo de Armazenamento</b>			<b>Pontos</b>	<b>10. Quantidade de Potenciais Fornecedores</b>			<b>Pontos</b>	<b>ENQUADRAMENTO</b>			<b>CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL</b>			<b>Estratégia</b>			<b>Ações Recomendadas</b>				
9.1 Requer Armazenamento Especial	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	3	10.1 Somente 1 Fornecedor	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	3	<i>IC<sub>am</sub></i>	<i>IC<sub>al</sub></i>	CATEGORIA	A	C			Disponibilidade de armazenamento obrigatório.			Supervisão especial sobre a disponibilidade e qualidade da peça, controle visual.			
9.2 Requer Cuidados Paricular	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	2	10.2 De 1 a 4 Fornecedores	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	2	A	C	AC	CRITICIDADE BAIXA										
9.3 Armazenamento Comum	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	1	10.3 Mais que 4 Fornecedores	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	1	2,0	3,0	1,0	4,0										1
<b>10. Quantidade de Potenciais Fornecedores</b>			<b>Pontos</b>	<b>Logística</b>			<b>ENQUADRAMENTO</b>			<b>CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL</b>			<b>Estratégia</b>			<b>Ações Recomendadas</b>					
10.1 Somente 1 Fornecedor	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	3	<i>c<sub>p</sub></i>	<i>L<sub>t</sub></i>	<i>T<sub>a</sub></i>	<i>Q<sub>f</sub></i>	<i>C<sub>p</sub></i>	<i>L<sub>t</sub></i>	<i>T<sub>a</sub></i>	<i>Q<sub>f</sub></i>	A	C			Disponibilidade de armazenamento obrigatório.			Supervisão especial sobre a disponibilidade e qualidade da peça, controle visual.		
10.2 De 1 a 4 Fornecedores	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	2	Custo da Peça	Lead Time	Tipo Armazenamento	Quantidade Pot. Fomec.	2,0	3,0	1,0	4,0	CRITICIDADE BAIXA									
10.3 Mais que 4 Fornecedores	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	1	1	1	1	2	1	1	1	2	IC <sub>al</sub> : 1,4									

## APÊNDICE G – Padrão Gerencial de Classificação da Criticidade de Equipamentos e Peças Sobressalentes.

	CAAL – USINA TERMOELÉTRICA – ALEGRETE Padrão Gerencial		PG-IND-MAN-UTE-002	
	CRITICIDADE DE EQUIPAMENTO E PEÇAS SOBRESSALENTES		ÁREA: PÁGINAS	MANUTENÇÃO 10
<b>Análise Crítica</b>	<b>Nome</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Data</b>	
Elaboração	Willian dos Santos de Barros	<i>Willian Barros</i>	13/11/2017	
	Onias Pereira de Castro Neto	<i>Onias Neto</i>	13/11/2017	
Revisão	Anderson Dalenogare	<i>Anderson Dalenogare</i>	13/11/2017	
Aprovação	Eng. Eletr. Átila Poll de Menezes	<i>Átila Poll de Menezes</i>	13/11/2017	

### 1. OBJETIVO

Estabelecer diretrizes para análise de criticidade dos ativos da planta e de peças sobressalentes, visando o aprimoramento no controle dos equipamentos críticos nos sistemas e de peças sobressalentes. O objetivo do PG-IND-MAN-UTE-002 é conceituar e descrever os métodos e os processos das análises de criticidade de equipamentos e de peças sobressalentes.

### 2. APLICAÇÃO

Aplica-se à Usina Termoelétrica da CAAL, tomando-se como piloto a Caldeira de Combustão e seus sistemas.

### 3. REFRÊNCIAS

- DD-IND-MAN-UTE-001 Hierarquia dos Equipamentos;
- DD-IND-MAN-UTE-002 Matriz de Classificação de Criticidade de Equipamentos;
- DD-IND-MAN-UTE-003 Mapa Global de Classificação de Equipamentos;
- DD-IND-MAN-UTE-004 Matriz de Classificação de Criticidade de Peças Sobressalentes.

### 4. DEFINIÇÕES

#### 4.1. Equipamentos Críticos

Um equipamento crítico é aquele que apresenta um grau elevado de complexidade na remoção de falhas, ou ainda impõe dificuldades físicas de acesso. São equipamentos que não possuem equipamento reserva instalado (stand-by), ou seja, em caso de falha a produção para.

	<b>CAAL – USINA TERMOELETRICA – ALEGRETE</b> <b>Padrão Gerencial</b>	<b>PG-IND-MAN-UTE-002</b>	
	<b>CRITICIDADE DE EQUIPAMENTO E PEÇAS SOBRESSALENTES</b>	<b>ÁREA:</b> <b>PÁGINAS</b>	<b>MANUTENÇÃO</b> <b>10</b>

Os equipamentos críticos são definidos pela Engenharia de Manutenção, seguindo a metodologia de classificação de equipamentos descrita neste documento.

#### 4.2. Sobressalentes Críticos

São peças de reposição indispensáveis para que a Manutenção consiga garantir a disponibilidade dos ativos, de modo a cumprir o Plano de Produção. A criticidade dos equipamentos é o principal fator que define a necessidade de manter uma determinada peça em estoque. Assim sendo, para equipamentos classificados como Criticidade A, recomenda-se manter peças de reposição em estoque, uma vez que se o equipamento crítico falhar, o tempo de remoção da falha será reduzido. Os sobressalentes críticos são definidos pela Engenharia de Manutenção, seguindo a metodologia de classificação de sobressalentes descrita neste documento.

#### 4.3. Análise de Criticidade

A classificação é baseada no grau de importância dos equipamentos e dos sobressalentes no processo, ajudando a priorizar os trabalhos da manutenção para posterior análises dos modos e efeitos das falhas (FMEA). É uma ferramenta importante que fornece informações valiosas para a tomada de decisão sobre a prioridade de trabalho, justificando os recursos para a realização e desenvolvimento de estratégias de confiabilidade.

### 5. METODOLOGIAS

A definição, revisão de documentos e métodos referente à criticidade de equipamentos e sobressalentes, da planta industrial, devem ser realizados pela Engenharia de Manutenção. Durante a análise de criticidade de equipamentos e sobressalentes é fundamental a participação de membros da Operação, Manutenção e do SESMT.

#### 5.1. Classificação da Criticidade de Equipamentos

Para a classificação dos equipamentos são adotados critérios de classificação que envolvem saúde e segurança, meio ambiente, qualidade, produção e manutenção. Os critérios e as suas características, bem como os pontos de cada um são expostos na tabela abaixo.

VERSÃO: 00	PÁGINA: 2 DE 10
------------	-----------------

	<b>CAAL - USINA TERMOELÉTRICA - ALEGRETE</b> Padrão Gerencial		<b>PG-IND-MAN-UTE-002</b>	
	<b>CRITICIDADE DE EQUIPAMENTO E PEÇAS SOBRESSALENTES</b>		ÁREA:	<b>MANUTENÇÃO</b>
			PÁGINAS	<b>10</b>

Tabela 1 – Critérios de Classificação de criticidade.

Área	Critério	Características do Critério	Pontos
SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO	Saúde Segurança $S_S$	Causa Fatalidade	4
		Acidentes Sérios Incapacitantes	3
		Danos Irreversíveis	2
		Não Gera Parada	1
MEO AMBIENTE	Impacto Meio Ambiente $I_{MA}$	Não Cumprimento à Legislação	4
		Danos a Longo Prazo	3
		Perturbação Ecológica de Baixa Duração	2
		Não impacta M.A.	1
QUALIDADE	Qualidade do Produto $Q_P$	Alta Instabilidade na G.E.	4
		Média Instabilidade na G.E.	3
		Baixa Instabilidade na G.E.	2
		Não Impacta Qualidade	1
PRODUÇÃO	Rendimento Produção $R_P$	Perda Direta de Rendimento (>40%)	4
		Perda Direta de Rendimento (>20%)	3
		Perda Direta de Rendimento (>5%)	2
		Não Gera Parada	1
MANUTENÇÃO	Custo de Parada Corretiva $C_{PC}$	Alta Dissipação de Faturamento (>4h)	4
		Média Dissipação de Faturamento (>3h)	3
		Baixa Dissipação de Faturamento (>1h)	2
		Não Gera Parada	1

	<b>CAAL – USINA TERMOELÉTRICA – ALEGRETE</b> <b>Padrão Gerencial</b>	<b>PG-IND-MAN-UTE-002</b>	
	<b>CRITICIDADE DE EQUIPAMENTO E PEÇAS SOBRESSALENTES</b>	<b>ÁREA:</b>	<b>MANUTENÇÃO</b>
		<b>PÁGINAS</b>	<b>10</b>

Para determinar a categoria do equipamento, o valor do indicador deve ser determinado de acordo com a fórmula (1), como segue:

$$IC_{Eq} = w_1 S_s + w_2 I_{MA} + w_3 Q_p + w_4 R_p + w_5 C_{PC} \quad (1)$$

Os valores de  $S_s$ ,  $I_{MA}$ ,  $Q_p$ ,  $R_p$ ,  $C_{PC}$ , deverão ser determinados de acordo com a tabela (1). Contudo, os valores de importância ( $w_i$ ) poderão ser determinados pelos setores de acordo com as suas necessidades, ou ainda através de um Diagrama de Mudge. A soma dos valores de  $w_i$  deverá ser igual a 1, uma vez que o coeficiente representa o grau de importância, em porcentagem, de cada critério. A Tabela (2) exibe as possíveis categorias de classificação dos equipamentos, bem como as ações de manutenções recomendadas para cada categoria.

Tabela 2 – Classificação de criticidade e recomendações estratégicas.

Índice de Criticidade $IC_{Eq}$	Criticidade	Características	Ações Recomendadas de Manutenção
Se $IC_{Eq} > 2,5$	<b>A - Alta</b>	Equipamento crítico para a produção; a falha pode gerar grande impacto na segurança, meio ambiente, faturamento, qualidade.	Nível de controle avançado; preditiva, preventiva, inspeções, lubrificação, análise de falhas; monitoramento contínuo.
Se $1,5 \leq IC_{Eq} \leq 2,5$	<b>B - Média</b>	Afeta de forma considerável o faturamento; oferece riscos médios para segurança em caso de falha; impacto médio na produção e meio ambiente.	Nível de controle médio; preventiva, inspeções, lubrificações e preditiva quando conveniente.
Se $IC_{Eq} < 1,5$	<b>C – Baixa</b>	A falha não oferece riscos para a segurança; não impacta na segurança; baixos custos de operação e manutenção.	Corretiva, lubrificações.

	<b>CAAL – USINA TERMOELÉTRICA – ALEGRETE</b> <b>Padrão Gerencial</b>	<b>PG-IND-MAN-UTE-002</b>	
	<b>CRITICIDADE DE EQUIPAMENTO E PEÇAS SOBRESSALENTES</b>	<b>ÁREA:</b> <b>PÁGINAS</b>	<b>MANUTENÇÃO</b> <b>10</b>

### 5.2. Classificação da Criticidade de Peças Sobressalentes

O objetivo principal do modelo é a identificação das peças sobressalentes cruciais para a manutenção do equipamento e logística. Este documento tem como base o método proposto pela pesquisadora PhD, Katarzyna Antosz, da Universidade de Tecnologia de Rzeszów na Polônia, e pelo pesquisador PhD, R. M. Chandima Ratnayake da Universidade de Stavanger na Noruega. O modelo proposto permite determinar explicitamente a criticidade das peças sobressalentes, dando ênfase à sua influência na eficiência do processo de remoção de falhas, bem como nos processos de compra e armazenamento. A classificação de uma peça sobressalente resulta na categorização apropriada e, assim, na identificação de atividades com o processo ótimo do gerenciamento de peças sobressalentes.

A classificação é feita utilizando critérios pré-estabelecidos, os quais devem responder às seguintes perguntas: Quão importante é a peça para assegurar a continuidade da produção? Quão frequentes são as falhas? Quanto tempo é necessário para trocar a peça? Quão alto é o custo da sua compra? Deve ser armazenado? Quando deve ser entregue? Quantos fornecedores potenciais fornecem essa peça? É por isso que, no modelo selecionado, os critérios de classificação são determinados em duas áreas básicas: Manutenção e Logística. As Tabelas (3) e (4) conceituam e caracterizam os critérios de manutenção e logística, respectivamente.

	CAAL – USINA TERMOELÉTRICA – ALEGRETE Padrão Gerencial	PG-IND-MAN-UTE-002	
	CRITICIDADE DE EQUIPAMENTO E PEÇAS SOBRESSALENTES	ÁREA: PÁGINAS	MANUTENÇÃO 10

Tabela 3 – Critérios de classificação da área de manutenção.

Área	Critério	Características do Critério	Pontos
MANUTENÇÃO	Categoria do Equipamento $C_{Eq}$	A	4
		B	3
		C	2
	Tempo de troca da peça $T_t$	Até 2 horas.	1
		De 3 a 4 horas.	2
		Mais que 4 horas.	3
	Complexidade no processo de troca da peça $C_{tp}$	Fácil – Ausência de desmontagem de alguns elementos, não requer nenhum dispositivo ou ferramenta especial	1
		Médio – É necessária a desmontagem de mais elementos, componente ou subcomponentes, utilização de dispositivos especiais e ferramentas necessárias.	2
		Difícil – É necessária a desmontagem da maioria dos elementos, componentes e subcomponentes, utilização de dispositivos especiais e ferramentas necessárias.	3
	Tipo de Falha $F_t$	Acidental	1
		Crônica	2
	Frequência da Falha $F_f$	Até 2 por ano.	1
		De 3 a 4 por ano.	2
		Mais que 4 por ano.	3
	Nível de qualificação necessário para trocar a peça $N_q$	Baixa – Experiência básica na manutenção da máquina.	1
Média – Permissão especial requerida.		2	
Outsourcing – Terceirização da manutenção é requerida.		3	

Fonte: Antosz e Ratnayake (2016).

	<b>CAAL – USINA TERMOELÉTRICA – ALEGRETE</b> <b>Padrão Gerencial</b>	<b>PG-IND-MAN-UTE-002</b>	
	<b>CRITICIDADE DE EQUIPAMENTO E PEÇAS SOBRESSALENTES</b>	<b>ÁREA:</b> <b>PÁGINAS</b>	<b>MANUTENÇÃO</b> <b>10</b>

Tabela 4 – Critérios de classificação da área de logística.

Área	Critério	Característica do Critério	Pontos
LOGÍSTICA	Custo da Peça $C_p$	Baixo	1
		Médio	2
		Alto	3
	Lead Time $L_t$	Curto	1
		Médio	2
		Longo	3
	Tipo de Armazenamento $T_a$	A peça não requer qualquer condição especial de armazenamento.	1
		A peça requer condições particular de armazenamento.	2
		A peça requer condições especiais de armazenamento.	3
	Quantidade de potenciais fornecedores $Q_f$	Somente 1.	3
		De 1 a 4.	2
		Mais que 4.	1

Fonte: Antosz e Ratnayake (2016).

Para determinar a categoria da peça nas áreas de manutenção e logística, os valores dos indicadores devem ser determinados de acordo com as fórmulas (2) e (3).

$$IC_{am} = w_1 C_m + w_2 T_t + w_3 C_{tp} + w_4 F_t + w_5 F_f + w_6 N_q \quad (2)$$

$$IC_{al} = w_1 C_p + w_2 L_t + w_3 C_{tp} + w_4 Q_f \quad (3)$$

Os valores de  $C_m$ ,  $T_t$ ,  $C_{tp}$ ,  $F_t$ ,  $F_f$ ,  $N_q$ ,  $C_p$ ,  $L_t$ ,  $C_{tp}$ ,  $Q_f$ , deverão ser determinados de acordo com as tabelas (1) e (2). Contudo, os valores de importância ( $w_i$ ) poderão ser determinados pelos setores de acordo com a suas necessidades, ou ainda através de um Diagrama de Mudge. A

	<b>CAAL – USINA TERMOELÉTRICA – ALEGRETE</b> Padrão Gerencial	<b>PG-IND-MAN-UTE-002</b>	
	<b>CRITICIDADE DE EQUIPAMENTO E PEÇAS SOBRESSALENTES</b>	ÁREA: PÁGINAS	<b>MANUTENÇÃO</b> <b>10</b>

soma dos valores de importância ( $w_i$ ) para ambos os indicadores ( $IC_{am}$ ,  $IC_{al}$ ) deverá ser igual a 1. A tabela abaixo apresenta as possíveis categorias das peças sobressalentes e suas características.

Tabela 5 – Categorias de peças sobressalentes e características.

Categoria da peça sobressalente.	Características	
	Manutenção	Logística
<b>A – Peça Crítica</b> $IC_{am} \geq 2.5$ E $IC_{al} \geq 2.5$	Disponibilidade imediata, alta taxa de falha, habilidades especiais do colaborador ou terceirização necessária.	Disponibilidade imediata, tempo de execução longo, apenas um fornecedor, alto custo, condições especiais de armazenando necessárias.
<b>B – Peça Necessária</b> $1.5 \leq IC_{am} < 2.5$ E $1.5 \leq IC_{al} < 2.5$	Disponibilidade necessária no menor tempo possível, taxa e falha média, habilidades especiais do colaborador são necessárias.	Disponibilidade necessária no menor tempo possível, disponível em pelo menos dois fornecedores, prazo médio, custos médios, não são necessárias condições especiais de armazenamento.
<b>C – Outras Peças não classificadas em A ou B.</b> $IC_{am} < 1.5$ E $IC_{al} < 1.5$	Compra em pouco tempo, não querer habilidades especiais, baixa taxa de falhas.	Compra em curto espaço de tempo, muitos fornecedores. Baixo custo de compra, não são necessárias condições especiais de armazenamento.

Fonte: Antosz e Ratnayake (2016).

Para classificar a peça é necessário combinar as duas categorias, sendo que a categoria de manutenção tem maior importância em relação à logística. A Tabela (6) compila as categorias e as ações recomendadas para determinada categoria.

	<b>CAAL – USINA TERMOELÉTRICA – ALEGRETE</b> <b>Padrão Gerencial</b>		<b>PG-IND-MAN-UTE-002</b>	
	<b>CRITICIDADE DE EQUIPAMENTO E PEÇAS SOBRESSALENTES</b>		<b>ÁREA:</b>	<b>MANUTENÇÃO</b>
			<b>PÁGINAS</b>	<b>10</b>

Tabela 6 – Avaliação final da categoria e ações recomendadas.

Manutenção	Logística	Categoria	Nível de Criticidade	Estratégia	Ações Recomendadas
A	A	AA	<b>ALTA</b>	Disponibilidade de armazenamento obrigatório.	Supervisão especial sobre a disponibilidade e qualidade da peça, controle visual.
A	B	AB			
A	C	AC			
B	A	BA	<b>MÉDIA</b>	Disponibilidade de armazenamento recomendada dentro das possibilidades financeiras e de armazenamento da empresa.	Supervisão sobre a disponibilidade da peça necessária, controle visual.
B	B	BB			
B	C	BC			
C	A	CA	<b>BAIXA</b>	Não é necessária disponibilidade de armazenamento, compra sob demanda. Armazenamento decidido pela empresa.	
C	B	CB			
C	C	CC			

Fonte: Antosz e Ratnayake (2016).

## 6. PROCEDIMENTOS

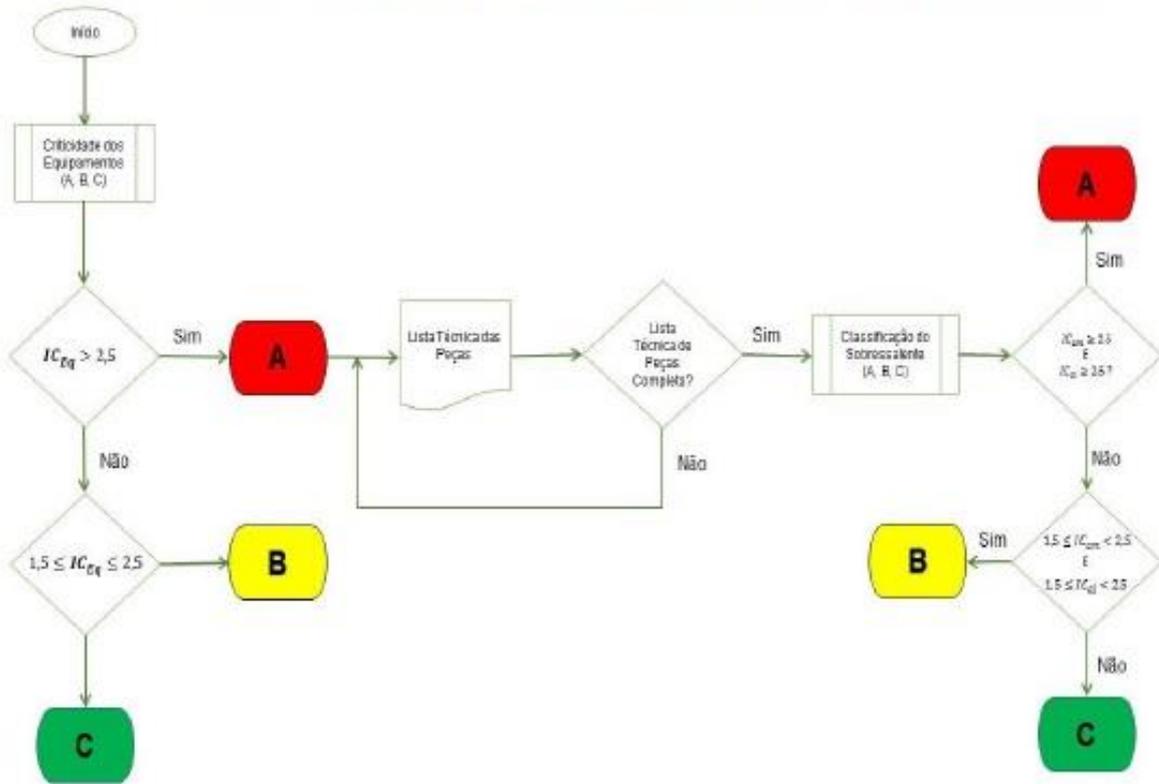
Abaixo são apresentados os passos para a elaboração da classificação da criticidade de equipamentos e suas peças sobressalentes.

- 1) Levantar os Equipamentos do setor preenchendo o DD-IND-MAN-UTE-001;
- 2) Elaborar a Lista Técnica de Peças Sobressalentes do Equipamento preenchendo o DD-IND-MAN-UTE-001;
- 3) Classificar os Equipamentos preenchendo o DD-IND-MAN-UTE-002;
- 4) Mapear a Criticidade dos Equipamentos no DD-IND-MAN-UTE-003;
- 5) Classificar as Peças Sobressalentes preenchendo o DD-IND-MAN-UTE-004;
- 6) Arquivar os DD no Arquivo Técnico de Manutenção correspondente ao equipamento em análise.

A figura abaixo, mostra o fluxo do processo de análise de criticidade de equipamentos e suas peças sobressalentes.

	CAAL – USINA TERMOELÉTRICA – ALEGRETE Padrão Gerencial	PG-IND-MAN-UTE-002	
	CRITICIDADE DE EQUIPAMENTO E PEÇAS SOBRESSALENTES	ÁREA:	MANUTENÇÃO
		PÁGINAS	10

Figura 1 – Fluxo do processo de análise de criticidade de equipamentos e peças sobressalentes.



Versão	Data	Alterações