

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CAMPUS MACAÉ
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

RAQUEL MAIA FORTE MARINHO

**GESTÃO DE ESTOQUES DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO: UM ESTUDO DE CASO EM
UMA OFICINA DE MANUTENÇÃO EM TURBOMÁQUINAS**

MACAÉ

2016

RAQUEL MAIA FORTE MARINHO

**GESTÃO DE ESTOQUES DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO: UM ESTUDO DE CASO EM
UMA OFICINA DE MANUTENÇÃO EM TURBOMÁQUINAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia de Produção como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Antônio Sergio

MACAÉ

2016

RAQUEL MAIA FORTE MARINHO

**GESTÃO DE ESTOQUES DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO: UM ESTUDO DE CASO EM
UMA OFICINA DE MANUTENÇÃO EM TURBOMÁQUINAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia de Produção como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Antônio Sergio
Orientador

Prof.^a Milena Estanislau Diniz
Membro

Eng. Lidiane Borges Silvério
Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me guiado durante esses anos da graduação, trazendo calma e segurança para o meu coração, e por ter me proporcionado estar realizando mais um sonho;

Aos meus pais Welington e Cristina, por todo investimento na minha educação, pelo apoio e incentivo para que eu não desistisse e por acreditarem que eu conseguiria vencer mais esta etapa em minha vida;

Às minhas irmãs Leticia e Aline, que não mediram esforços para me aconselhar, foram muitos momentos de aflição, insegurança e medo, que sem esse suporte, paciência e carinho seria difícil chegar até aqui;

Ao meu namorado Cleyton, pela compreensão, carinho e motivação frequente;

Aos meus amigos de faculdade e professores, que tanto contribuíram para o meu aprendizado e enriquecimento do meu conhecimento;

Ao meu orientador Antônio Sérgio, pela atenção e motivação constante para que eu seguisse em frente na minha pesquisa.

RESUMO

As peças de reposição ou componentes e subcomponentes MRO (manutenção, reparo e operação) são considerados itens críticos no segmento de manutenção da indústria de Petróleo e Gás, e, portanto, contemplam um estoque elevado com altos custos de armazenagem e grande imobilização de capital. O objetivo desse trabalho é estudar as peças de reposição, suas características de demanda específicas e custos associados, e discutir métodos para quantificar e classificar estas peças que sustentem políticas de gestão de estoques que resultem em redução do capital imobilizado em estoques e aumento da disponibilidade dos equipamentos. Apresenta-se um estudo de caso numa Oficina de Manutenção de Turbomáquinas do setor de Petróleo e Gás. Foram estudados os processos de planejamento da demanda, de manutenção e reposição de sobressalentes, assim como analisaram-se os dados de estoque e de consumo dos últimos cinco anos referentes aos itens do fornecedor mais representativo no estoque e propostas duas árvores de decisão: uma para itens solicitados sob demanda e outra para itens estocáveis. Os níveis das árvores de decisão compreenderam aspectos como: frequência da demanda, padrão da demanda, criticidade – desenvolvida a partir do método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) –, obrigatoriedade de troca, ocorrência de quantidade estocada e utilidade e obsolescência dos itens do estoque. Esse acompanhamento da situação dos estoques resultou em decisões, onde propuseram-se mudanças nas políticas de ressuprimento, alienação dos itens inutilizados e obsoletos, e viabilização de estudos futuros. Espera-se que esse estudo contribua para que haja priorização de estocagem para apenas aqueles itens que possuam explicação para a mesma e a tomada de decisão seja acertada.

Palavras-Chave: Peças de reposição. MRO. Manutenção. Gestão de estoques.

ABSTRACT

The spare parts or MRO (maintenance, repair, operation) components and subcomponents are considered critical items in the maintenance segment of the Oil and Gas industry, so, they feature a high stock with high storage prices and huge capital tie. The aim of this whole paper is to study the spare parts, their specific characteristics of demand and associated costs, discussing methods to quantify and rate these parts in order to support management inventory policies that end up with the reduction of tied capital in stocks and increase the availability of equipment. It presents a study case in a Turbomachinery Maintenance Workshop in the Oil and Gas sector. The planning processes of demand, repair and resupply of spare parts were studied just like the information of stock and consumption of the last five years that referred to the items of the most representative supplier in stock were analyzed and two trees of decision were proposed: one for items ordered under demand and the other to storable items. The levels of the trees of decision covered aspects like: demand frequency, demand patterns, criticality – developed from the AHP method (Analytic Hierarchy Process) - mandatory exchange, occurrence of quantity stocked and utility and obsolescence of stock items. This situation of monitoring stocks resulted in decisions, which proposed changes in the policies of resupply, disposal of unused and obsolete items, and feasibility of future studies. It is expected that this study contributes to providing prioritization of storage for only those items that have explanation for them and the decision-making is right.

Keywords: Spare parts. MRO. Maintenance. Management inventory.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Custos totais relevantes de estoque.....	17
Figura 2 - Tempo típico de inatividade de um componente de equipamento.....	19
Figura 3 - Intervalos entre demandas ao longo do tempo.....	23
Figura 4 - Classificação das peças de reposição quanto ao padrão de demanda.....	24
Figura 5 - Classificação quanto à demanda.....	25
Figura 6 - Variantes do processo de classificação.....	27
Figura 7 - Estrutura hierárquica da ferramenta AHP.....	30
Figura 8 - Estrutura de árvore de decisão.....	31
Figura 9 - Macroprocesso da oficina de turbomáquinas.....	36
Figura 10 - Processo de manutenção de turbomáquinas.....	38
Figura 11 - Processo de reposição de sobressalentes.....	40
Figura 12 - Processo de acompanhamento do valor em estoque.....	41
Figura 13 - Subdivisão quanto ao tipo de ressuprimento.....	44
Figura 14 - Subdivisão quanto à frequência de demanda.....	46
Figura 15 - Subdivisões dos itens com demanda = 1.....	46
Figura 16 - Subdivisões dos itens sem demanda.....	47
Figura 17 - Subdivisões dos itens com demanda > 1.....	48
Figura 18 - Método AHP para definição da criticidade para o estoque.....	49
Figura 19 - Nível 1 estocáveis - classificação quanto à frequência de demanda.....	53
Figura 20 - Nível 2 estocáveis - classificação quanto à existência de estoque.....	53
Figura 21 - Nível 3 estocáveis - classificação quanto à obsolescência e utilidade.....	54
Figura 22 - Nível 2 estocáveis - classificação quanto ao padrão de demanda.....	55
Figura 23 - Nível 3 estocáveis - classificação quanto à obrigatoriedade de troca.....	55
Figura 24 - Nível 4 estocáveis- classificação quanto à criticidade.....	56
Figura 25 - Nível 1 sob demanda - classificação quanto à frequência de demanda.....	57
Figura 26 - Nível 2 sob demanda - classificação quanto à existência de estoque.....	57
Figura 27 - Nível 3 sob demanda - classificação quanto à obsolescência e utilidade.....	58
Figura 28 - Nível 2 sob demanda - classificação quanto ao padrão de demanda.....	58
Figura 29 - Nível 3 sob demanda - classificação quanto à obrigatoriedade de troca.....	59
Figura 30 - Nível 4 sob demanda - classificação quanto à criticidade.....	59
Figura 31 - Árvore de decisão - itens com demanda = 1 e itens sem demanda.....	60
Figura 32 - Árvore de decisão - itens com demanda > 1.....	61

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução dos estoques ao longo dos anos	42
Gráfico 2 - Importância dos fornecedores de peças de reposição de turbinas no estoque	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dados das peças de reposição	44
Quadro 2 - Dados das movimentações de materiais no estoque.....	45
Quadro 3 - Dados de materiais armazenado em estoque.....	47
Quadro 4 - Dados históricos de pedidos	50
Quadro 5 - Quadro de notas finais dos critérios e alternativas.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADI	<i>Average Inter-demand Interval</i> - Intervalo Médio entre Demandas
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i> - Processo de Hierarquia Analítica
ANN	<i>Artificial Neural Networks</i> - Redes Neurais Artificiais
CV²	<i>Squared Coefficient of Variation</i> - Coeficiente de Variação da Demanda
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i> - Planejamento de Recurso Corporativo
ES	Estoque de Segurança
GA	<i>Genetic Algorithm</i> - Algoritmos Genéticos
LT	<i>Lead Time</i>
METRIC	Técnica de Multi-escalonamento para Modelo de Item Recuperável de Controle
MRO	Manutenção, Reparo e Operação
MRP	<i>Material Requirements Planning</i> - Planejamento das Necessidades de Materiais
PP	Ponto de Pedido
Q	Quantidade
RC	Requisição de Compra
VED	Vital, Essencial e Desejável

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	ITENS MRO.....	14
2.2	GESTÃO DE ESTOQUES DAS PEÇAS DE REPOSIÇÃO.....	16
2.3	MODELOS DE CONTROLE DE ESTOQUES DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO.....	19
2.3.1	Modelo de Revisão Contínua.....	20
2.3.2	Modelo de Revisão Periódica.....	20
2.3.3	Modelo Estoque Base	21
2.4	CLASSIFICAÇÕES BASEADAS NO COMPORTAMENTO DA DEMANDA	22
2.5	OUTRAS ABORDAGENS DE CLASSIFICAÇÃO	27
3	ESTUDO DE CASO	34
3.1	ACORDO DE NÃO DIVULGAÇÃO	34
3.2	A UNIDADE DE PESQUISA	34
3.3	O CONTEXTO DO PROBLEMA.....	34
3.4	DESCRIÇÃO DO CASO	36
3.4.1	O Processo de Planejamento da Demanda.....	37
3.4.2	O Processo de Manutenção.....	37
3.4.3	O Processo de Reposição de Peças	39
3.4.4	O Processo de Acompanhamento do Valor de Estoque.....	41
3.5	ANÁLISE DO CASO	41
3.5.1	O cenário atual do estoque de peças de reposição	41
3.5.2	Metodologia de Análise dos Dados.....	42
3.5.2.1	Definição do tipo de pesquisa quanto à natureza e aos objetivos	42
3.5.2.2	Definição do tipo de pesquisa quanto à abordagem	43
3.5.2.3	Definição da população/ amostra	43
3.5.2.4	Técnicas e procedimentos de coleta e análise	44
3.5.3	Análise dos Dados.....	52
3.5.3.1	Itens Estocáveis	52
3.5.3.2	Itens Sob Demanda.....	56
3.6	RESULTADOS E DISCUSSÃO DO CASO.....	60
3.6.1	Árvore de Decisão Itens Estocáveis	61
3.6.2	Árvore de Decisão Itens Sob Demanda	63

4	CONCLUSÃO	65
	REFERÊNCIAS	67
	APÊNDICE A – Tabela para desenvolvimento do método AHP	70
	APÊNDICE B – Matrizes de comparação para critérios e alternativas	71
	APÊNDICE C – Árvore de decisão itens estocáveis ou sob demanda	72

1 INTRODUÇÃO

A indústria de Petróleo e Gás apresentou um grande crescimento em todo mundo nos últimos anos, principalmente no Brasil, em que a exploração e produção de hidrocarbonetos em águas profundas e ultras profundas expandiram-se e proporcionaram desenvolvimento tecnológico, econômico e social para o país. A aceleração econômica e consequente aumento da competitividade no setor petrolífero exigiram das empresas não só custos mais baixos, mas também um desempenho superior, prezando por atendimento ao cliente no prazo e qualidade nos serviços oferecidos.

No ramo de manutenção, foco deste trabalho, buscar uma cadeia de suprimentos consistente, principalmente, com fornecedores competentes, possibilita maior confiabilidade na entrega de sobressalentes e assim, melhores níveis de serviço que influenciam na elevação da disponibilidade dos equipamentos. No entanto, a garantia de atendimento incorre em custos que nem sempre a empresa está disposta a desembolsar. Sobressalentes, aqui denominados de peças de reposição ou simplesmente itens MRO, têm sido foco de atenção justamente devido a esse *trade off* entre o impacto que causam na disponibilidade do equipamento (continuidade da operação) e o investimento de capital em estoques.

Itens MRO apresentam características de demanda distintas dos produtos acabados, o que gera uma necessidade de soluções específicas para a gestão de seus estoques. Este trabalho surgiu dessa necessidade: estudar o comportamento das peças de reposição e com isso, evidenciar tais características peculiares de baixo e baixíssimo consumo, padrão de consumo esporádico, longos tempos de resposta do ressuprimento e elevados custos de aquisição.

O trabalho foi desenvolvido numa Oficina de Manutenção em Turbomáquinas, mais especificadamente, na área de gestão de estoques, pertencente ao Setor de Planejamento e Controle da Produção. Abordaram-se processos de planejamento da demanda, de manutenção e de reposição de sobressalentes, possibilitando a compreensão do macroprocesso para posterior focalização nos sistemas de controle e análise de estoques. Propôs-se o uso de árvore de decisão para a segmentação das peças de reposição em classes com características semelhantes, permitindo decidir sobre a parametrização dos estoques e levando a um melhor controle e facilidade de gerenciamento, além de um desempenho superior nas operações.

O estudo de caso limitou-se aos itens pertencentes ao fornecedor das peças que engloba o maior valor em estoque e, conseqüentemente, a maior demanda para atendimento as revisões programadas. Mais especificamente, pretende-se:

- Discutir métodos para quantificar e classificar as peças de reposição;

- Modelar a atual política de gestão de estoque;
- Elaborar um esquema de acompanhamento da situação das peças de reposição estocáveis e das peças de reposição solicitadas sob demanda;
- Proporcionar uma contribuição ao estudo da gestão de estoques de peças de reposição, contemplando uma bibliografia atualizada e um estudo de caso empresarial.

A hipótese verificada no estudo é que, com o conhecimento das peculiaridades das peças de reposição e dos métodos de classificação há a possibilidade de aplicá-los na empresa pesquisada, facilitando a gestão através da focalização em políticas específicas e contribuindo para redução dos custos de estoque e aumento da disponibilidade desses itens.

Em relação à metodologia de pesquisa, utilizou-se a de Miguel (2010). Quanto à natureza, o trabalho é classificado como uma pesquisa aplicada, por tratar de problemas práticos de uma organização. O objetivo é caracterizado como exploratório. A forma de abordagem é quanti-qualitativa com a utilização do método de estudo de caso.

O trabalho desdobra-se em 4 capítulos. O Capítulo 1 apresenta uma introdução breve sobre o tema a ser retratado ao longo do trabalho, contemplando a contextualização e motivação pelo problema de pesquisa, o escopo e objetivos do trabalho, além da metodologia adotada. O capítulo 2 apresenta um referencial teórico, expondo os principais pontos sobre peças de reposição e a gestão de seus estoques, englobando também aspectos da demanda e modelos de classificação para a segmentação desses itens MRO. O capítulo 3 contempla a descrição do caso, o problema da pesquisa e a metodologia de análise utilizada, bem como a análise dos dados, as discussões e os resultados obtidos através do estudo de caso. Finalmente, o capítulo 4 apresenta conclusões acerca do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo contempla uma revisão bibliográfica com tópicos referentes ao tema de estudo de importantes autores da área. Tal pesquisa permite a apresentação de conceitos e definições que fornecerão embasamento para a compreensão do estudo de caso, abordado no capítulo 3.

2.1 ITENS MRO

Os itens MRO constituem um grupo de materiais não produtivos, isto é, aqueles que não são incorporados ao produto final do processo produtivo da organização. São itens desde materiais de escritório, de baixo custo e que são repostos facilmente, até peças de reposição de equipamentos produtivos (SAGGIORO; MARTIN; LARA, 2008), de alto custo e produzidas sob encomenda. Tais peças apresentam além dos elevados custos de aquisição, longos *lead time* de ressuprimento e baixíssimos giros de estoque, sendo responsáveis por parte dos expressivos estoques das indústrias intensivas em capital, como mineradoras, petroquímicas, siderúrgicas e usinas de eletricidade (SAGGIORO; MARTIN; LARA, 2008).

Wanke (2011) afirma que no setor automobilístico os custos anuais de peças de reposição, dentre eles, custos de oportunidade, armazenagem, seguro, depreciação e movimentação, variam entre 25 e 35% do valor contábil da totalidade dos estoques de uma empresa do mesmo ramo. Caldas e De Assis Medeiros (2006) destacam que na indústria de Petróleo é comum utilizar a política de manter estocadas peças de reposição de altos custos de aquisição. Já no ramo de aviação comercial o valor estimado de peças de reposição no mundo inteiro é de \$45 bilhões de dólares (SANDVIG; ALLAIRE, 1998).

De acordo com Botter e Fortuin (2000), estoques de peças de reposição são necessários para:

- Manter as instalações e sistemas de produção internos da empresa em condições de funcionamento;
- Manutenção dos sistemas instalados nas empresas de clientes;
- Reparo de máquinas e produtos de consumo em geral nas oficinas de manutenção.

Nesse trabalho peça de reposição irá referir-se à algum componente que faz parte de um equipamento ou de um determinado módulo do mesmo. Para os autores as peças de reposição, podem ainda ser diferenciadas em duas novas categorias:

- **Reparáveis:** também chamadas de peças recuperáveis e rotativas, consistem em peças de reposição sujeitas as condições técnicas e econômicas que viabilizam a ação de reparo.
- **Consumíveis:** também denominadas de peças descartáveis, compreendem peças de reposição que não são passíveis de reparo por questões técnicas e econômicas. Logo, em caso de quebra são descartadas.

Segundo Cavalieri *et al.* (2008) a diferenciação quanto à facilidade do fornecimento, à previsibilidade do desgaste e à especificidade da aplicação também são relevantes, como segue abaixo:

- **Peças de reposição genéricas:** consistem em peças utilizadas em mais de um equipamento e de fácil aquisição no mercado devido à ampla disponibilidade;
- **Peças de reposição específicas:** consistem em peças específicas de uma determinada parte do equipamento (design específico) e/ou peças que são disponibilizadas por apenas um fornecedor. Nesse caso, o tempo de desgaste pode ser previsível ou não;
- **Peças de reposição estratégicas:** consistem em peças de reposição também específicas de equipamentos, mas que, no entanto, o tempo de desgaste não é previsível, o que torna o tempo de entrega elevado, os custos mais relevantes e a demanda esporádica.

Nesse trabalho, serão escopo de análise as peças de reposição específicas e estratégicas necessárias ao atendimento da demanda proveniente do processo de manutenção e reparo em equipamentos instalados nos clientes. Estas peças também são distinguidas em reparáveis ou consumíveis e apresentam variação de acordo com o tipo e modelo de equipamento. Os itens consumíveis podem existir em estoque ou não, dependendo do seu custo e do tempo de ressuprimento. Já os reparáveis, em geral, devem possuir estoque zero ou muito pequeno, isto porque em casos de necessidade de substituição por novos são solicitados sob demanda. Uma vez mantidos e reparados, os equipamentos seguem para a operação ou ficam armazenados sob a condição de reserva em depósitos. A quantidade total de equipamentos é a soma dos equipamentos em operação, em processo de reparo e em estoque sobressalente.

2.2 GESTÃO DE ESTOQUES DAS PEÇAS DE REPOSIÇÃO

Os estoques têm o papel de regular o fluxo de negócios, equilibrando as taxas de fornecimento, transformação e saída de materiais para atendimento à demanda (MARTINS E ALT, 2006). No que tange as peças de reposição no cenário da manutenção, os estoques têm como função não só absorver as incertezas do *lead time* de ressuprimento (estoque de segurança), como também das previsões de demanda (estoque cíclico).

Mais especificamente, gerenciar estoques está associado a tomar decisões diárias a respeito de “Quanto pedir”, “Quando pedir” e “Como controlar o sistema” (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). Para Botter e Fourtuin (2000), o gerenciamento das peças de reposição inicia-se com a decisão de estocagem e evolui para a busca de respostas viáveis aos seguintes questionamentos:

- Quantas unidades para cada uma das peças de reposição devem ser mantidas em estoque?
- Onde estão as peças de reposição a serem mantidas em estoque?

Para Saggiaro, Martin e Lara (2008), a dificuldade de respostas às perguntas explicitadas advém da complexidade para gerir esses materiais e dos riscos os quais a empresa incorre ao tomar decisões de estocagem. No entanto, apesar dos *trade offs* e incertezas existentes, decidir sobre o gerenciamento das peças de reposição é necessário e a mensuração dos custos inerentes à manutenção de estoques consiste no primeiro passo para analisar a situação da política de estoques de uma empresa e justificar a sua revisão ou não (SAGGIORO; LACERDA; AROZO, 2001). De acordo com Lustosa *et al.* (2008) e Pozo (2010), os custos de estoques podem se subdividir em três grupos:

- **Custos de pedido:** incluem os custos fixos e variáveis referentes a decisão de repor os estoques, isto é, custos incorridos dada uma requisição de compra ou um pedido emitido. Quanto maior a frequência de reposição dos estoques ou o volume de requisições e pedidos, maiores serão os custos de pedido no período.
- **Custos de armazenagem ou de manutenção de estoque:** incluem os custos do capital, os custos de estocagem, de manuseio e de perdas de material por obsolescência e deterioração. O volume de itens estocados influencia de forma direta nestes custos, seja pelas despesas com controles, enormes espaços físicos, sistemas

de informações específicos ou pela possibilidade de perda tanto por roubo e obsolescência, quanto por indisponibilidade do capital para uso alternativo.

- **Custos de faltas ou por falta de estoque:** incluem os custos referentes ao desgaste da imagem da empresa, seja pelo não atendimento em relação à quantidade demandada ou ao tempo de entrega acordado, ou por um atraso nas solicitações do cliente. Estes custos são de difícil estimativa por incluir perdas futuras e intangíveis, no entanto, são elevados e por isso, exigem um adequado planejamento e controle dos estoques por parte da organização.

Segundo Ballou (2006), os custos de manutenção e os custos de aquisição e de falta são permanentemente conflitantes, e com isso, devem ser compensados entre si, sugerindo uma quantidade do pedido para reposição do estoque e, ainda, determinando uma política de ressuprimento. A figura 1 ilustra o comportamento desses custos em função do tamanho do lote de reposição. A razão entre a unidade de tempo e o tamanho do lote é o número de reposições por unidade de tempo.

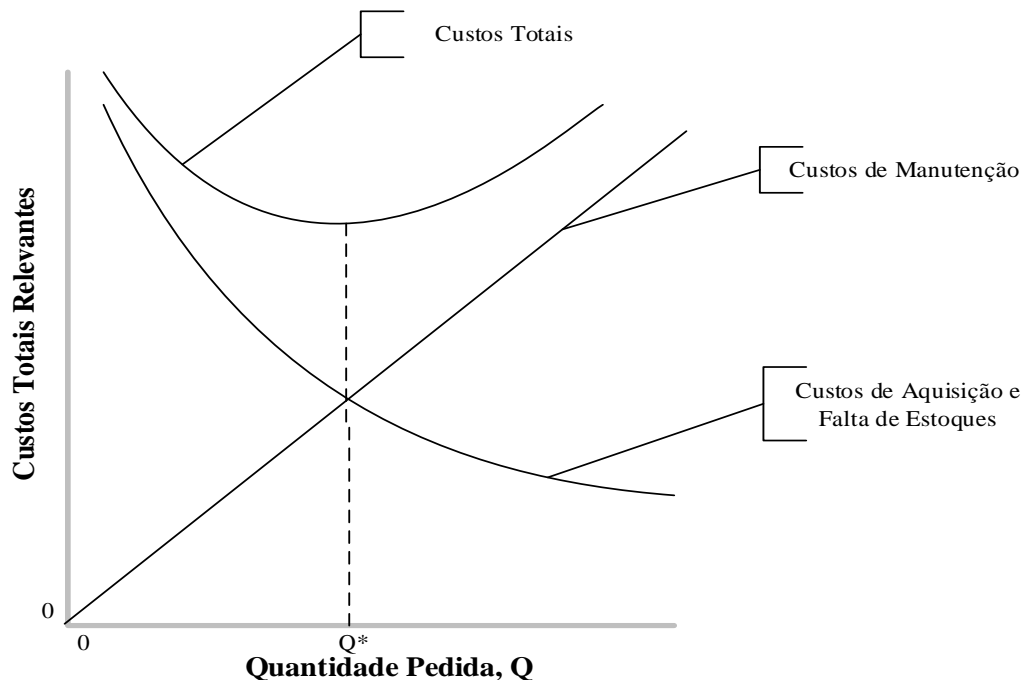


Figura 1: Custos totais relevantes de estoque (Fonte: Adaptado de Ballou, 2006)

Na prática, é muito difícil para as empresas avaliarem a sua política de ressuprimento com confiança. Desta forma, a geração de cenários e de análises incrementais nos custos auxilia na escolha da alternativa que siga a direção do menor custo total (WANKE, 2011). Na geração

de cenários, pode-se especular sobre as variações no câmbio, estabilidade política ou sobre a dificuldade de achar um novo fornecedor em face de catástrofes naturais, como um incêndio, por exemplo, na planta do fornecedor. A análise incremental responde sobre a sensibilidade que a quantidade a ser reposta apresenta para um determinado item em relação aos aumentos em torno dos valores atuais.

Considerando o conhecimento dos custos explicitados anteriormente pela organização e o apreço pela minimização dos mesmos, a primeira decisão apontada por Slack, Chambers e Johnston (2009) é parcialmente respondida. A quantidade solicitada deve compreender além das peças programadas para consumo, as que estão sujeitas à utilização ou não, dada a incerteza da demanda e do fornecimento. Assim, determinar quantas unidades devem ser mantidas em estoque é essencial.

De acordo com Oliveira (2006), a quantidade a ser mantida em estoque corresponde a quantidade de estoque projetado para atender a um aumento na demanda, principalmente ao longo do *lead time* de ressuprimento, para a reposição do item. Para Figueiredo (2002), deve-se considerar no *lead time* de reposição, a variabilidade da demanda durante o *lead time* e o nível de serviço que se deseja proporcionar para o cliente. Garcia, Lacerda e Arozo (2001), propõem a decomposição do *lead time* real de ressuprimento em: *lead time* de requisição, *lead time* do fornecedor e *lead time* de análise, a fim de que se identifique gargalos em pontos críticos do processo, e com isso viabilize a redução da variabilidade do *lead time* e garanta menores estoques de segurança.

Para Wanke (2011), apesar das divergências no comportamento das peças de reposição ao longo da cadeia de suprimento, a missão da gestão de estoques dessas peças é similar a gestão de estoques tanto de matérias-primas, como produtos em processamento e acabados: diminuir os níveis de estoque sem que haja o comprometimento da disponibilidade. Outro ponto é que os sintomas de problemas encontrados na gestão de peças de reposição também convergem com os dilemas na gestão dos outros produtos. Desta forma, as empresas podem viver os seguintes cenários, além do equilíbrio:

- **O excesso de estoques:** notado quando há prática de uma política de antecipação à demanda, o que incorre em custos de oportunidade e custos de obsolescência elevados;
- **A falta de estoques:** é consequência de uma política mais conservadora, que não acompanha a taxa real de utilização dos estoques e afeta a disponibilidade do material.

Segundo Oliveira (2006), quanto maior for o custo do excesso em relação ao custo de falta, menor será o estoque de segurança utilizado. No entanto, quanto menor for o custo de excesso em contrapartida ao custo de falta, mais elevados serão os estoques de segurança a fim de absorver as incertezas da demanda e do ressuprimento. Para o autor, a indústria petroquímica tem uma grande tendência à formação de estoques, incentivada pelos menores custos de excesso (grande parcela de custos fixos) em relação aos custos de falta, onde a indisponibilidade dos itens pode provocar a paralisação de uma planta industrial.

Cavaliere *et al.*, (2008) demonstram o tempo dispendido quando dada uma falha não planejada e há necessidade de uma manutenção corretiva. O tempo de inatividade em uma planta, provocado pela falta de um componente pode comprometer toda a produtividade em uma empresa. É preciso considerar além do tempo da manutenção, o tempo dispendido para a realização do pedido ao fornecedor e o tempo da entrega logística, onde em casos de itens muito específicos e sob design podem levar várias semanas ou até meses.

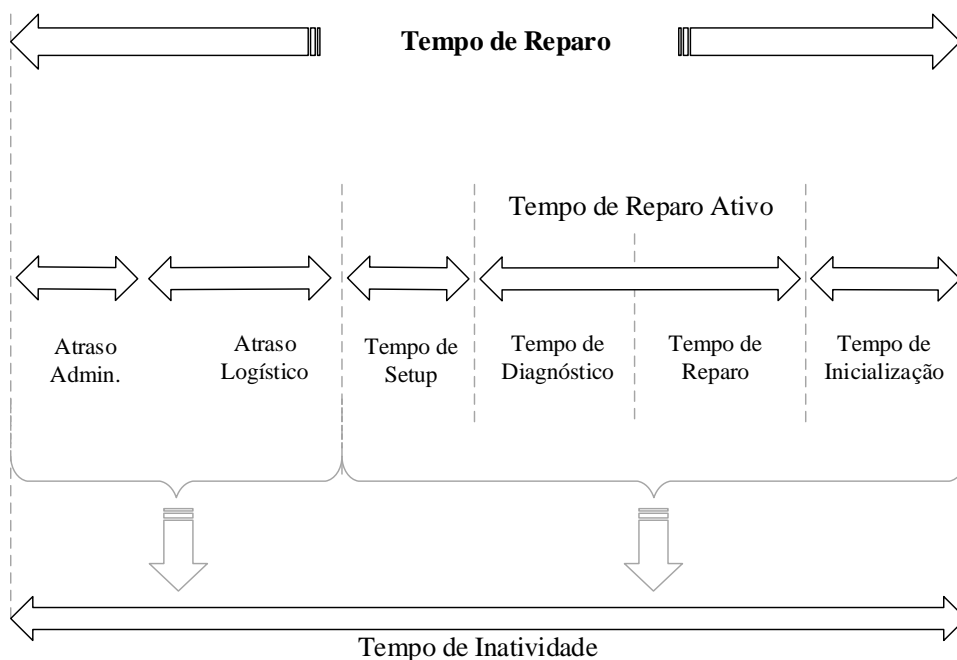


Figura 2: Tempo típico de inatividade de um componente de equipamento (Fonte: Adaptado de Cavaliere *et al.*, 2008)

2.3 MODELOS DE CONTROLE DE ESTOQUES DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO

Os modelos de reposição de estoque já conhecidos e abordados na literatura de Planejamento e Controle da Produção são utilizados na gestão de peças de reposição. No entanto, por se tratarem de itens com a ocorrência em intervalos irregulares de demanda, em

grande parte dos casos, os modelos de revisão contínua e de estoque base melhor se adequam quando comparados ao modelo de revisão periódica. Portanto, para melhor compreensão do funcionamento desses modelos de controle de estoque, os mesmos serão retratados a seguir.

2.3.1 Modelo de Revisão Contínua

O modelo de reposição contínua, também conhecido como modelo de reposição por ponto de pedido, consiste em um modelo reativo, no qual a cada retirada de itens do estoque, o saldo é analisado para que seja traçada uma decisão de reposição (LUSTOSA *et al.*, 2008). De acordo com Pozo (2010), tal modelo considera o tempo de reposição, e, portanto, garante que o processo produtivo não sofra problemas de continuidade enquanto aguarda a chegada do pedido de compra.

A utilização desse modelo necessita da definição prévia de parâmetros: o ponto de pedido (PP) e o tamanho do lote de ressurgimento (Q) (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2009). Assim, quando há consumo, o nível de estoque é comparado com o PP, e caso seja igual ou inferior ao mesmo, é necessário realizar o ressurgimento através da emissão de um pedido de compra com o tamanho do lote fixo pré-determinado Q (LUSTOSA *et al.*, 2008).

O ponto de pedido é calculado pela equação 1 e deve incluir a demanda média (D) no tempo de ressurgimento (TR) e o estoque de segurança (ES):

$$PP = (D \times TR) + ES \quad (1)$$

Já o tamanho do lote de acordo com Pozo (2010), refere-se à quantidade de peças especificadas no pedido de compra e está sujeito à política de estoque adotada em cada organização. Uma opção é o lote econômico que busca reduzir as quantidades de reposição e estoque além da redução do custo de operação (LUSTOSA *et al.*, 2008). Para isso, considera o custo de pedido (CP), o custo de armazenagem (CA) e a demanda total anual (DA).

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times CP \times DA}{CA}} \quad (2)$$

2.3.2 Modelo de Revisão Periódica

O modelo de revisão periódica, ao contrário do modelo de revisão por ponto de pedido que tem seu ressurgimento iniciado pelo alcance de um determinado nível de estoque preestabelecido, propõe a definição de intervalos regulares para que a reposição dos estoques seja realizada. Periodicamente, no instante estabelecido para revisão, verifica-se o nível do

estoque e ordena-se um lote com quantidade suficiente para repor o estoque ao nível máximo determinado (LUSTOSA *et al.*, 2008). O modelo necessita da definição dos parâmetros: período de revisão (P) e estoque máximo (M).

O período de revisão é dado pela fração entre o tamanho do lote (Q) e a taxa de demanda (TD) conforme a equação 3. O resultado, em geral, é arredondado para um número inteiro de períodos mais próximo do encontrado.

$$P = \frac{Q}{TD} \quad (3)$$

O estoque máximo é encontrado através da taxa de demanda (TD), período de revisão (P), tempo de ressuprimento (TR) e o estoque de segurança (ES), de acordo com a equação 4.

$$M = TD \times (P + TR) + ES \quad (4)$$

Considerando o cenário de gestão de estoques de peças de reposição, onde a demanda é incerta, os itens são caros e a falta dos mesmos pode impedir o término do processo de manutenção, este modelo pode ser menos interessante de ser aplicado, já que não possibilita um controle detalhado. Além disso, caso esse modelo seja escolhido e haja intermitência das demandas, uma característica das peças de reposição, pode ocorrer ruptura nos estoques, quando ela aumenta repentinamente, e redução significativa do tamanho dos lotes, na ocasião de queda da demanda, determinando um custo de pedido talvez desnecessário (LUSTOSA *et al.*, 2008).

2.3.3 Modelo Estoque Base

O modelo de estoque base consiste numa combinação do modelo de revisão periódica e do modelo de revisão contínua. Isto porque há um único parâmetro, o estoque base, que representa uma quantidade máxima a ser alcançada e mantida no sistema, e, portanto, deve ser revisada continuamente. Este modelo tem sido bastante aplicado em cenários onde o valor unitário do item é elevado e a demanda é reduzida (LUSTOSA *et al.*, 2008), comportamentos bastante presentes nas peças de reposição. O importante no estoque base é que a reposição é disparada pelo consumo final e não pelo estágio imediatamente a jusante, como uma distribuidora ou estoque centralizado.

2.4 CLASSIFICAÇÕES BASEADAS NO COMPORTAMENTO DA DEMANDA

A demanda de peças de reposição apresenta dois comportamentos: o primeiro e mais comum como uma demanda independente, a qual as peças são requisitadas em manutenções corretivas, podendo acarretar em perdas substanciais pela indisponibilidade do equipamento por longos períodos; o segundo diz respeito a peças solicitadas em manutenções preventivas, em que a demanda pode ser calculada baseando-se nos programas e planos de manutenção de equipamento (CORRÊA; DIAS, 1998).

Qualquer que seja a fonte da demanda dos itens MRO, ela apresenta diferentes padrões que podem ser categorizados por variabilidades nos:

- Volume demandado e;
- No tempo médio entre as demandas.

O objetivo dessa categorização, de acordo com Eaves (2002 apud DA SILVA, 2009), é o desenvolvimento de previsões que resultem em estoques menores e níveis de serviço adequados, e, portanto, em sistemas de gestão de estoques aderentes às características de cada peça de reposição.

A importância da categorização da demanda foi evidenciada em alguns estudos nas últimas décadas. Williams (1984) elaborou um método de classificação da demanda em três categorias: esporádicos, baixo giro (lenta) e suave (*smooth*). Essa segmentação foi proposta a partir do desmembramento da variância da demanda durante o tempo de reposição em três partes:

- A variabilidade da frequência da demanda;
- A variabilidade da quantidade da demanda e;
- A variabilidade do tempo de reposição.

Eaves e Kingsman (2004) retomaram o modelo de Williams (1984), propondo uma reclassificação das peças de reposição em não mais três, mas cinco categorias: suave, irregular, baixo giro, esporádica leve e esporádica forte. A arbitrariedade da seleção desses critérios impossibilitou a generalização dos resultados.

Syntetos, Boylan e Croston (2005) apresentaram em um trabalho, que é a principal referência na área, uma classificação da demanda dos itens MRO em quatro quadrantes que

limitam-se a partir de dois eixos: o intervalo médio entre demandas (ADI) e o quadrado do coeficiente de variação da demanda (CV^2):

- CV^2 : este coeficiente mede o grau de aglomeração das demandas, a partir da razão entre o desvio padrão e a média do consumo (valor esperado da demanda) referente ao item.

$$CV^2 = \left(\frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\varepsilon_{ri} - \varepsilon_a)^2}{N-1}}}{\varepsilon_a} \right)^2 \quad (5)$$

$$\varepsilon_a = \frac{\sum_{i=1}^N \varepsilon_{ri}}{N} \quad (6)$$

- ADI: este coeficiente mede o grau de intermitência da demanda a partir da média de períodos entre duas demandas sucessivas não nulas.

$$ADI = \frac{\sum_{i=1}^N \tau_i}{N} \quad (7)$$

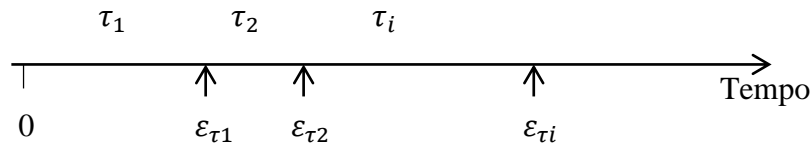


Figura 3: Intervalos entre demandas ao longo do tempo (Fonte: Adaptado de Manzini *et al.*, 2010)

Os autores estabeleceram teoricamente os pontos de divisão nos eixos e, posteriormente, testaram com 3.000 séries de demanda de autopeças, obtendo os valores de corte, $ADI = 1,32$ e $CV^2 = 0,49$, que separam os quadrantes, como na figura 4:

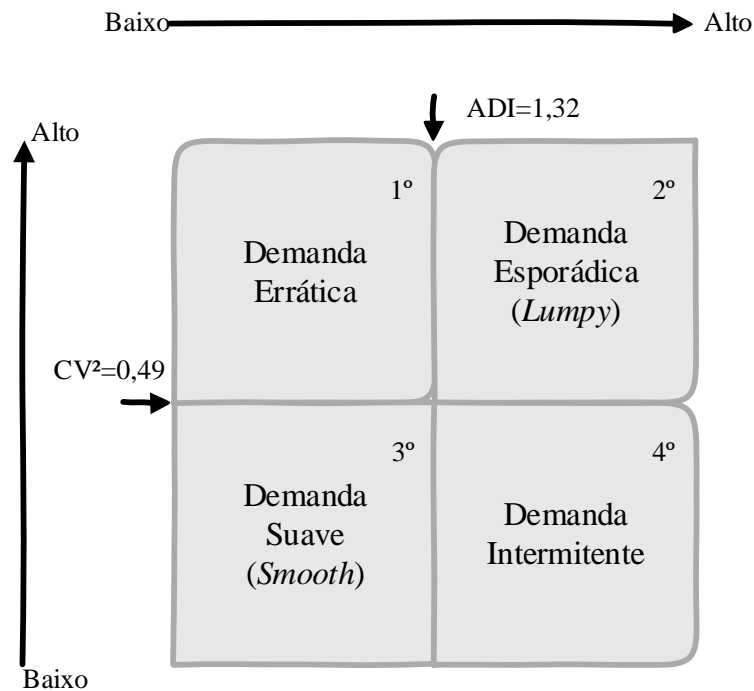


Figura 4: Classificação das peças de reposição quanto ao padrão de demanda (Fonte: Adaptado de Boylan, Syntetos e Karakostas, 2008)

- 1º quadrante ($ADI < 1,32$ e $CV^2 > 0,49$): Demanda Errática: demanda com alta variação de quantidade e intervalos pequenos entre demandas não nulas.
- 2º quadrante ($ADI > 1,32$ e $CV^2 > 0,49$): Demanda *Lumpy*: demanda com alta variação de quantidade e grandes intervalos entre demandas não nulas.
- 3º quadrante ($ADI < 1,32$ e $CV^2 < 0,49$): Demanda Suave: demanda com baixa variação de quantidade e intervalos pequenos entre as demandas não nulas.
- 4º quadrante ($ADI > 1,32$ e $CV^2 < 0,49$): Demanda Intermitente: demanda com baixa variação de quantidade e grandes intervalos entre demandas não nulas.

Um exemplo da aplicação dessa categorização pode ser encontrado em Meggs (2014), cujo resultado é mostrado na figura 5.

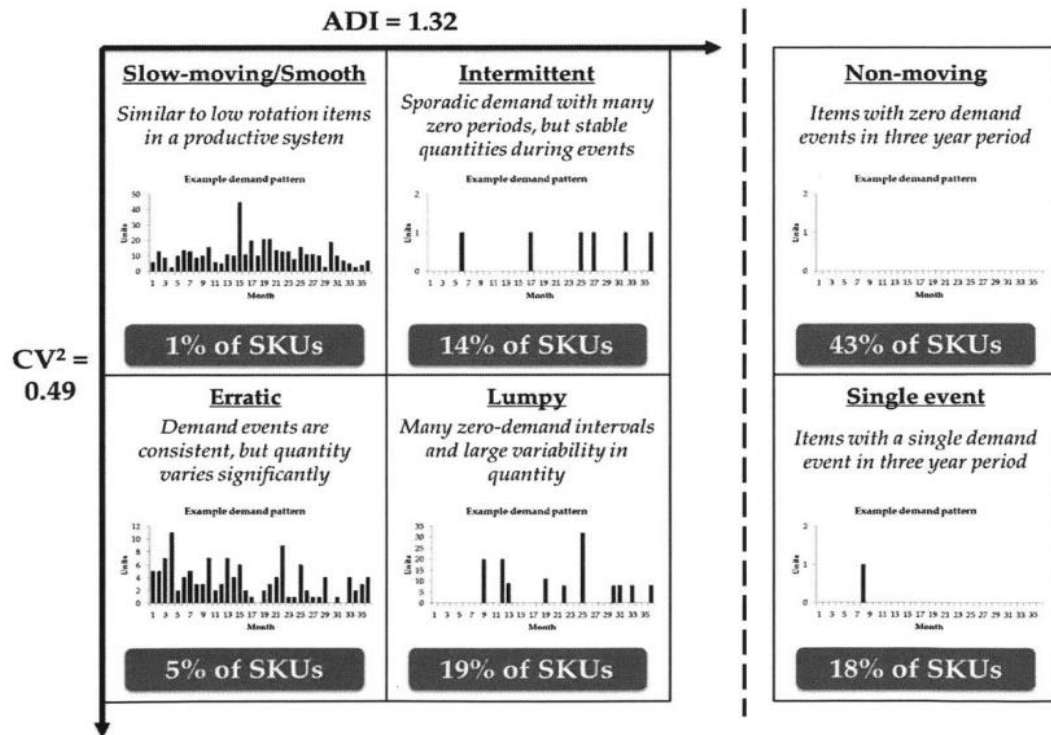


Figura 5: Classificação quanto à demanda (Fonte: Meggs, 2014)

Em seu estudo, o autor identificou que a maioria dos itens, 43%, não apresentou nenhuma movimentação em um horizonte de três anos e 18% apresentaram uma única movimentação nesse período. Já o restante diferenciou-se por obter variabilidade na quantidade demandada ou na ocorrência da demanda ou em ambos: 19% exibiram um padrão *lumpy* com grandes variabilidades nos intervalos entre demandas e na quantidade demandada; 14% dos itens exibiram um padrão intermitente, com quantidade estável e muitas ocorrências de demanda zero; 5% mostraram um padrão errático, caracterizado por eventos regulares que resultaram em demandas cujas quantidades, no entanto, variaram de forma significativa; e os últimos, representando apenas 1% dos itens, evidenciaram uma variação suave na demanda, com intervalos regulares característicos de itens de baixa rotação do sistema produtivo.

Ainda buscando classificações executáveis no mundo corporativo, Wanke (2012), através de uma aplicação prática numa empresa brasileira de equipamentos agrícolas e de construção, propôs um modelo conceitual para auxiliar na escolha do modelo de reposição de estoque mais adequado. O autor partiu de diferentes características da demanda e concluiu que a demanda anual das peças de reposição pode ser dividida em três categorias:

- **Baixíssimo consumo:** são os itens cujo consumo médio histórico é inferior a uma unidade por ano;

- **Baixo consumo:** são aqueles que apresentam consumo médio histórico variando entre 1 e 300 unidades por ano, desta forma, por dia, há consumo de no máximo uma unidade;
- **Consumo em massa:** são os que apresentam demanda superior a aproximadamente 300 unidades por ano.

A aplicação prática envolveu os dados de consumo dos últimos 48 meses para 20.833 itens. Além da demanda, levantaram-se para cada um dos diferentes itens:

- Custo de aquisição do item;
- Custo de ressurgimento/colocação do pedido;
- Custo de indisponibilidade e penalidade;
- Tempo médio de resposta do fornecedor;
- Variância do tempo de resposta do fornecedor e;
- Custo de oportunidade anual.

A segmentação levou a classificação de: 22% dos itens como de baixíssimo consumo; 74,5% baixo consumo e 3,5% consumo de massa. Note-se que os itens de baixíssimo e baixo consumo, somaram 96,5% do total de itens. Para esses itens a política proposta foi do tipo (S, S-1), onde o estoque de segurança S, varia de zero a algum valor determinado pela característica da distribuição estatística da demanda: Gamma, Poisson ou Normal. Na política para esses itens há três situações possíveis: a primeira em que não há nenhum estoque ($S=0$), a segunda, há o estoque de uma única unidade ($S=1$), que leva a custos baixos, com risco de haver a necessidade de uma nova peça, durante o período de reposição. Na última situação o estoque mínimo ($S>1$) é capaz de lidar com as variabilidades durante o período de reposição.

No caso estudado, observou-se que, para 99,9% dos itens classificados como de baixíssimo consumo, a empresa deveria manter uma peça em estoque, totalizando 4.586 peças estocadas. Para os itens de baixo consumo inicialmente determinou-se o tipo de distribuição de probabilidade que melhor representava a demanda, e calcularam-se os estoques de segurança para os níveis de serviço: 90%, 95% e 98%. Para o patamar de 90% de serviço, em média seriam mantidas 10 peças em estoque para cada item de baixo consumo.

2.5 OUTRAS ABORDAGENS DE CLASSIFICAÇÃO

Além do comportamento da demanda, para Wanke (2012) outras particularidades devem ser observadas para a adequada seleção dos modelos de gestão de estoque. Os esquemas conceituais qualitativos, conhecidos como abordagens de classificação, foram desenvolvidos visando o auxílio à tomada de decisão.

Jouni, Huiskonen e Pirttilä (2011) mencionam que a complexidade do gerenciamento de peças de reposição é um difícil problema para as organizações e que um método é necessário para criar um número gerenciável de classes a fim de concentrar esforços de gestão de forma mais eficaz. Por esta perspectiva a empresa consegue estabelecer prioridades, diante de restrições de recursos, mas não só pelo ângulo do custo, mas também através da combinação de outros critérios. Segundo os autores, a complexidade aumenta ainda mais quando se leva em consideração o contexto, que possui além de fatores internos de controle de estoque, fatores externos, como o desempenho do fornecedor, o comportamento do cliente e os padrões de demanda e consumo.

Conforme Meggs (2014), o processo de classificação inicia-se pela definição do propósito ou objetivo que condiciona as entradas (*inputs*) sob a forma de critérios a serem julgados pelos mecanismos de análise das entradas. Os resultados (*outputs*) do processo são as classes recomendadas para cada item. Denomina-se sistema de classificação o resultado do processo de categorização. A figura 6 mostra as variantes envolvidas no processo de classificação.

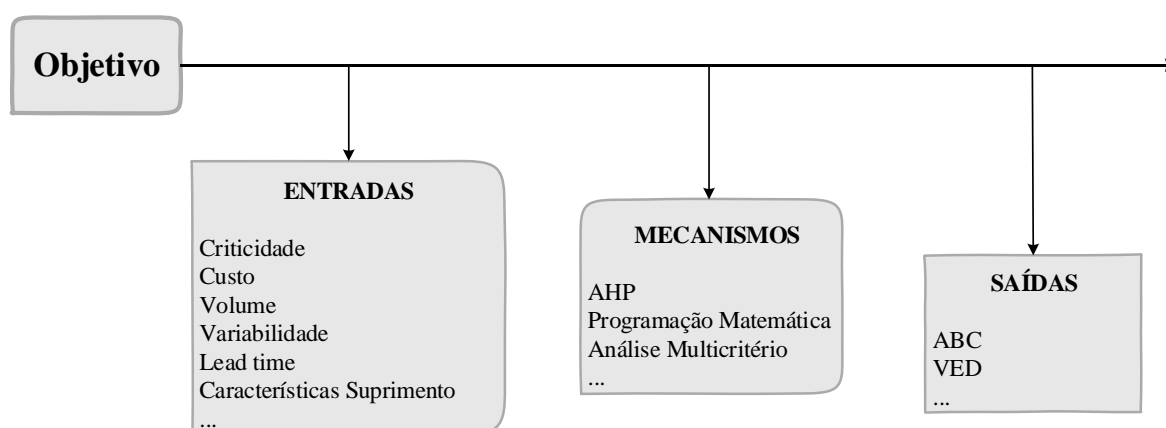


Figura 6: Variantes do processo de classificação (Fonte: Adaptado de Meggs, 2014)

Em relação às entradas, de acordo com a revisão de literatura desenvolvida por Bacchetti e Sacconi (2012), os critérios mais utilizados são custo e criticidade da peça. Outros critérios que também são aplicados em diversos estudos são:

- Volume ou valor da demanda;
- Características de abastecimento - como *lead time* de reabastecimento, disponibilidade de fornecedores e risco de não fornecimento e;
- Variabilidade da demanda - alguns estudos utilizando a variabilidade do *lead time*.

Em uma quantidade mais reduzida de adoção, encontram-se os critérios:

- Fase de ciclo de vida da peça;
- Especificidade e;
- Confiabilidade.

Muitas organizações adotam o custo como critério único de classificação. No entanto, no que tange as peças de reposição, que apresentam características heterogêneas, a utilização exclusiva desse critério pode levar a distorções no resultado final. Em concordância com Martins e Alt (2006) e Lustosa *et al.* (2008), critérios que consideram a importância do item em relação à operação do sistema como um todo devem ser avaliados. Esses autores juntamente com Slack, Chambers e Johnston (2009), sugerem a adoção do critério criticidade para solucionar a deficiência da classificação pautada apenas no critério custo. A avaliação dos itens levando em consideração critérios de consequência da falta de estoque ou custo da falta, dificuldade de reposição ou incerteza de fornecimento, velocidade de obsolescência ou risco de deterioração deve ser atendida pelas empresas.

A criticidade é um fator que se desdobra em vários critérios, ou visto de outro ângulo, vários dos critérios citados (causa) podem ser agrupados na dimensão criticidade (efeito). Gajpal, Ganesh e Rajendran (1994) elegem três critérios para avaliação da criticidade de peças de reposição:

- Status de disponibilidade da unidade de produção;
- Tipos de peças de reposição necessárias e;
- *Lead time* para aquisição de peças de reposição.

Duchessi *et al.* (1988) utilizaram um esquema de classificação bidimensional combinando os custos do inventário e a criticidade da peça como critérios. Para a medida do

critério criticidade das peças incorporou três componentes importantes a serem avaliadas simultaneamente:

- Custo do tempo de inatividade;
- *Lead time* e;
- Confiabilidade.

Huiskonen (2001) argumenta que a gestão das peças de reposição deve considerar também as inter-relações com os componentes do sistema logístico para que diferentes políticas sejam propostas de acordo com as classes. O autor adota as características de manutenção das peças de reposição: criticidade, valor das peças, especificidade e padrão de demanda.

Voltando ao modelo de Meggs (Figura 6), entre os mecanismos envolvidos na classificação destacam-se na literatura estudos envolvendo ferramentas de tomada de decisão multicritério, como: o Processo de Hierarquia Analítica (AHP) proposto por Saaty (1990); a otimização linear e a não-linear; os algoritmos genéticos (GA) e as redes neurais artificiais (ANN).

De acordo com Wang e Kang (2007), o AHP é um método de análise para tomada de decisão adequada para situações complexas. A abordagem do método AHP propõe uma decomposição do problema para posterior agregação das soluções referentes a todos os subproblemas a fim de alcançar uma conclusão (SAATY, 1990). Sharaf e Helmy (2001), acrescentam que a essência do AHP é estruturar o problema numa hierarquia de três níveis contendo o objetivo no topo, os critérios que caracterizam o objetivo no nível intermediário e as alternativas específicas dos critérios alocadas no último nível, conforme figura 7.

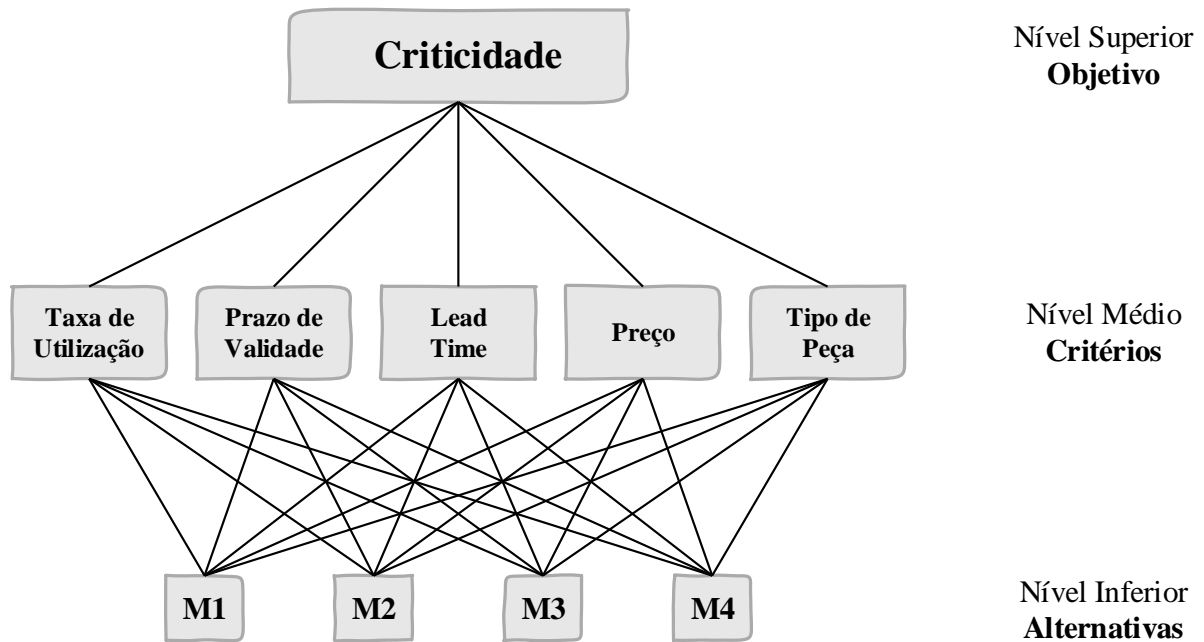


Figura 7: Estrutura hierárquica da ferramenta AHP (Fonte: Adaptado de Sharaf e Helmy, 2001)

Considerando um modelo já estruturado numa hierarquia, o AHP se propõe a combinar os fatores qualitativos e quantitativos através de comparações aos pares com todos os elementos (formação de matrizes quadradas), obtendo um coeficiente de ponderação para cada elemento dentro de um nível da hierarquia, com referência aos elementos relacionados no nível superior. Para esta análise hierárquica é sugerido a utilização da Escala de Saaty, a qual varia de 1 a 9, com estágios intermediários. O menor valor é atribuído quando os dois elementos contribuem igualmente para o objetivo, o valor 3 ocorre quando há uma importância moderada entre os elementos, 5 quando dada uma importância forte de um elemento em relação ao outro, 7 se a importância for muito forte entre as atividades e por fim, 9, caso haja extrema importância de um critério sobre o outro.

Desta forma, inicia-se com a comparação aos pares dos critérios, criando uma matriz de comparação com um vetor normalizado que fornecerá a medida de importância relativa de cada critério em relação ao objetivo. Em seguida, faz-se uma comparação aos pares das alternativas através da mesma lógica. A prioridade definitiva de cada alternativa decisão é obtida utilizando um procedimento de agregação o qual envolve diferentes pesos numéricos para cada critério (GAJPAL; GANESH E RAJENDRAN, 1994).

O método AHP pode ser utilizado conforme proposto por Meggs (2014) em seu estudo para avaliação da criticidade de peças de reposição. Nesta estrutura, o objetivo localiza-se no topo, os critérios no nível logo abaixo, as alternativas são distintas para cada critério e ficam localizadas no nível três. O peso final encontrado para cada um dos critérios é combinado por

meio da multiplicação com os pesos finais das alternativas, e obtêm-se um peso para cada material como soma de todos os resultados obtidos anteriormente. Desta forma, são estabelecidos pontos de corte, como forma de segmentar os itens críticos dos não críticos, de acordo com a classificação VED (vital, essencial, desejável).

Árvore de decisão, como a proposta por Mikalsen (2012), é um mecanismo eficiente e simples de ser implantado. Cada parte percorre um caminho na árvore de decisão, nível após nível, até a alocação em uma classe única. É em cada nível que ocorre a decisão sobre para qual ponto no nível seguinte o item será alocado. O número de classes será o produto do número de possibilidades em cada nível. Na figura 8 é possível visualizar a estrutura.

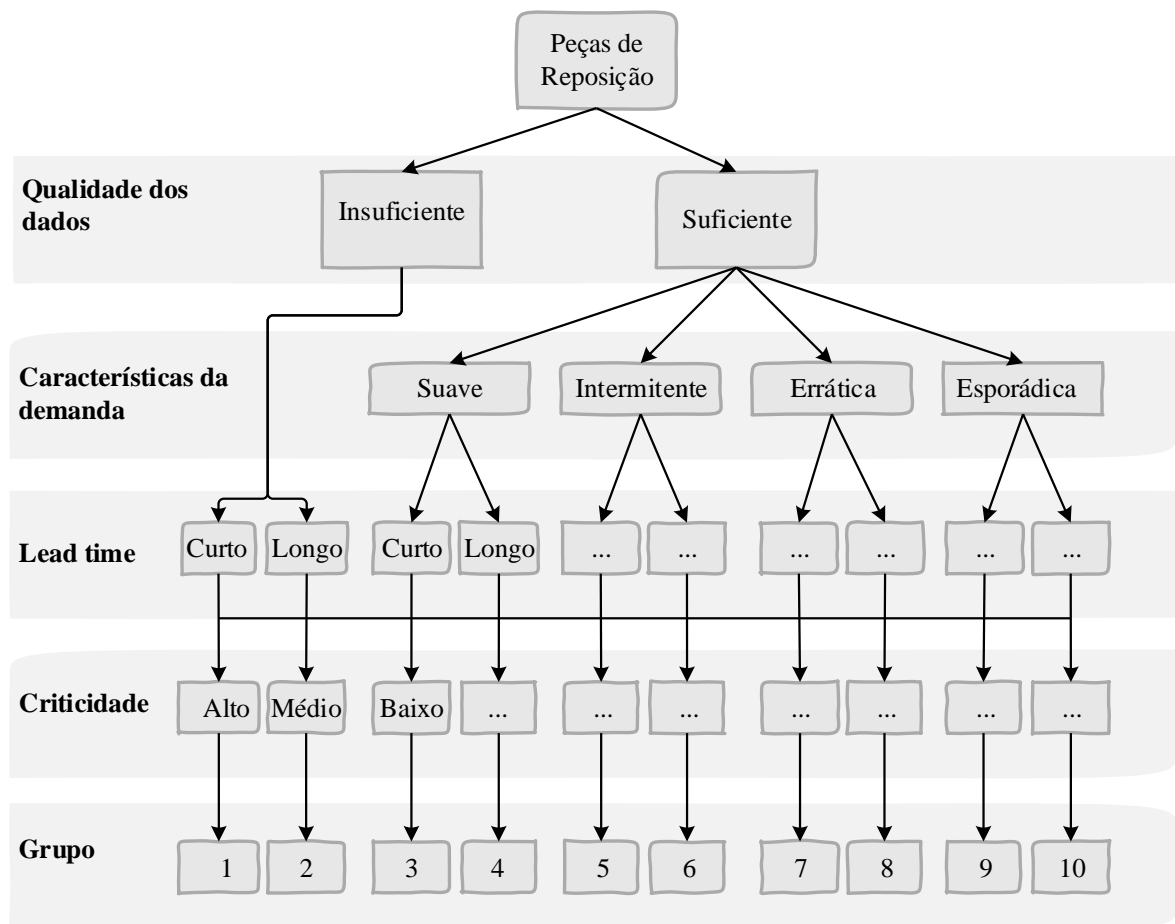


Figura 8: Estrutura de árvore de decisão (Fonte: Adaptado de Mikalsen, 2012)

O método de árvore de decisão foi utilizado por Oliveira (2013) em seu estudo sobre a gestão de estoques MRO em uma fábrica de rolamentos. Através desse método, o autor segmentou os itens, primeiramente quanto ativos estocáveis, sob demanda e obsoletos, para posterior subdivisão dos primeiros quanto ao padrão de demanda. Outro nível quanto à

frequência de movimentação foi implementado para os itens com demanda intermitente/esporádica. A partir das classes formadas, foram simuladas políticas de estoque para cada uma delas, e assim, decisões como definição de estratégias de reposição para cada item e sugestões de descarte, foram tomadas.

Os modelos matemáticos baseados em programação linear, programação dinâmica, programação de metas, simulação, etc. são também bastante utilizados pelos pesquisadores do campo de gestão de peças de reposição. Um dos primeiros a explorar esses modelos foi Sherbrooke (1968), propondo uso da técnica de multi-escalonamento para o modelo de item recuperável de controle (METRIC). Em seguida, os estudos foram, em geral, concentrados na otimização matemática dos custos de estoque e níveis de serviço visando uma política de estoque de peças de reposição que considerasse o lote econômico de compra, ponto de ressuprimento, estoques de segurança, dentre outros (BRAGLIA; GRASSI; MONTANARI, 2004).

Finalmente, em relação as saídas, no modelo de Meggs (Figura 6), Huiskonen (2001) afirma que a classificação ABC de acordo com o princípio de Pareto é a mais conhecida e utilizada das classes. Tal fato deve-se a facilidade de uso e aplicabilidade eficiente na gestão de inventários com natureza homogênea e diferenciação pelo valor unitário e o volume demandado. Segundo Braglia, Grassi e Montanari (2004), a classificação ABC também é a ferramenta mais usual para gerenciar os problemas de estoques de peças de reposição.

Para Martins e Alt (2006) a análise ABC verifica o consumo dos itens estocados em determinado espaço de tempo e em termos de valor monetário ou quantidade para que possam ser classificados em ordem decrescente de importância. Segundo o autor, as classes A, B e C não são bem definidas em termos de valores percentual do total de itens. Os itens A, considerados mais significativos, podem representar de 35% a 70% do valor movimentado dos estoques, os itens B variam de 10% a 45% e os itens C correspondem ao percentual restante.

Por essa perspectiva, os itens com movimentação de valor mais elevadas irão demandar maior atenção gerencial, em contrapartida, daqueles com baixa movimentação de valor que exigirão um controle menos rigoroso. No entanto, no cenário das peças de reposição, onde a maioria dos itens apresenta baixa movimentação, a classificação é influenciada por outras características (estoques heterogêneos), o que impede a tomada de decisão visando à redução de estoques baseada na ação sob os itens de movimentação rápida (VAN KAMPEN; AKKERMAN; VAN DONK, 2012)

Martins e Alt (2006) e Lustosa *et al.* (2008) concordam que a classificação ABC necessita de atenção ao ser utilizada e deve ser complementada por outras que considerem, por

exemplo, a importância do item em relação a operação do sistema como um todo. Itens classe C, como materiais de manutenção de baixo valor unitário e comprados em volumes reduzidos, dado o baixo consumo, podem ter seu controle relaxado e falta dos mesmos pode interromper a operação de um equipamento importante, comprometendo toda uma produção de um sistema, causando prejuízos financeiros significativos.

A classificação Vital, Essencial e Desejável (VED) consiste em um método qualitativo que se propõe a avaliar a decisão de estocar ou não peças de reposição. Esta forma de classificação baseia-se em informações sobre a utilização específica de cada peça de reposição, englobando fatores que influenciam na sua gestão, como os custos, o tempo de inatividade, as considerações de armazenamento, dentre outros (BACCHETTI; SACCANI, 2012).

A classificação VED, quando vista de forma isolada, é considerada de difícil estruturação e aplicação por englobar apenas julgamentos subjetivos dos usuários (CAVALIERI *et al.*, 2008). No entanto, quando esta classificação consiste no *output* de métodos estruturados, como o AHP e a árvore de decisão, os julgamentos subjetivos são eliminados e sua aplicação se torna satisfatória.

3 ESTUDO DE CASO

3.1 ACORDO DE NÃO DIVULGAÇÃO

O estudo de caso a ser retratado refere-se a uma grande companhia nacional do segmento de energia. As atividades da empresa iniciam-se na etapa de pesquisa e desenvolvimento e desdobram-se em diversas áreas, como exploração e produção, geração da energia, distribuição, transporte e comercialização. O foco do estudo será no campo de exploração e produção, especificamente, na Oficina de Manutenção em Turbomáquinas. Por motivos de proteção da organização no mercado, não será apresentado o nome da empresa, bem como valores monetários.

3.2 A UNIDADE DE PESQUISA

A Oficina de Manutenção em Turbomáquinas é responsável pela manutenção de turbinas a gás e compressores centrífugos; reparo de componentes e periféricos mecânicos; e análise e diagnóstico de vibração em turbomáquinas. Tais serviços visam o atendimento dos clientes internos à companhia, de forma que são considerados de extrema importância para manutenção das atividades de produção.

A oficina de manutenção foi criada com o intuito de suportar e apoiar as atividades de produção da companhia. A dificuldade de obtenção do suporte pós-venda dos fabricantes desses produtos importados evidenciou a necessidade de implantação de um setor capaz de gerenciar as atividades de manutenção, tanto para executar a manutenção na oficina própria, quanto para providenciar o trâmite, via contratual, para envio destes equipamentos para manutenção na fábrica no exterior ou dos componentes para reparo em empresas nacionais contratadas. Desta forma, adquirir know-how do processo de manutenção de turbomáquinas, assim como, permitir flexibilização no atendimento às emergências e regular os preços do mercado foram e permanecem como requisitos fundamentais para permanência da atuação deste segmento na organização.

3.3 O CONTEXTO DO PROBLEMA

Os estoques de peças de reposição na unidade de manutenção consistem em um assunto delicado para companhia, uma vez que é preciso garantir a disponibilidade dos equipamentos,

em contrapartida da necessidade de reduzir a aplicação de capital em inventários. A posição do estoque atual encontra-se com cerca de 10.000 itens cadastrados e com valor na ordem de milhões, refletindo a pressão da companhia para que haja redução dos mesmos.

A organização enfrenta dificuldades para estabelecer relações com os fornecedores de outros países, principalmente, devido às leis brasileiras e às divergências nas condições contratuais. Desta forma, a unidade de manutenção sofre para adquirir os materiais necessários para a execução dos serviços, que em grande parte, consistem em materiais importados. Ademais, são materiais fornecidos apenas por um único fabricante, o do equipamento original, e de difícil fabricação, por envolver tecnologia complexa.

A oficina não conta com um forte acordo com as Unidades de Produção, fato este que é evidenciado pelo não cumprimento da demanda de manutenção anual prevista. Esta falta de alinhamento contribui para a elevação dos custos de estoques da unidade, já que os materiais são requisitados, comprados e estocados previamente, para atendimento a manutenção programada, e se não consumidos, ficam inutilizados no curto e médio prazo. Outro ponto é o longo tempo de emissão de pedidos e de fornecimento que impede uma reação rápida diante de mudanças na demanda prevista e pode vir a impactar na atividade de manutenção, influenciando, muitas vezes, no tempo de manutenção do equipamento, e conseqüente atraso na entrega ao cliente. O ressurgimento de peças de reposição consiste em restrição à realização de planejamento e programação na oficina e é considerado uma etapa crítica para todo o processo de manutenção.

Os dados históricos da unidade revelam que os custos do excesso de estoques eram menores que os custos da falta e, portanto, a unidade optava por consideráveis estoques de segurança para absorver incertezas da demanda e do ressurgimento. No entanto, na situação atual, há a necessidade de uma análise mais rigorosa na compra de peças de reposição para a visão de estocagem.

Todas as dificuldades explicitadas anteriormente permanecem na gestão atual, mas com o agravante dos elevados custos de oportunidade e obsolescência adquiridos com o dimensionamento dos grandes estoques no passado. Há conhecimento sobre o giro dos estoques inferior ao esperado e sabe-se que há materiais sem utilidade armazenados e há falta de outros deles, úteis para o desdobramento do processo de manutenção.

Por essa perspectiva, foram traçadas pela diretoria metas anuais para redução dos estoques a serem conquistadas a partir de algumas ações. A adoção de uma classificação que permita melhor gerenciamento das peças de reposição, visando o saneamento dos itens críticos, auxiliará na priorização dos recursos e esforços em itens que impactarão diretamente na

conclusão da manutenção e evidenciará os itens que mostram-se obsoletos ou inutilizáveis em serviços futuros.

3.4 DESCRIÇÃO DO CASO

O segmento de gestão de estoques possui interface com diversas áreas, sendo elas localizadas internamente na oficina ou em outros setores da companhia e até externamente, constituindo um macroprocesso. A figura 9 representa essas relações.

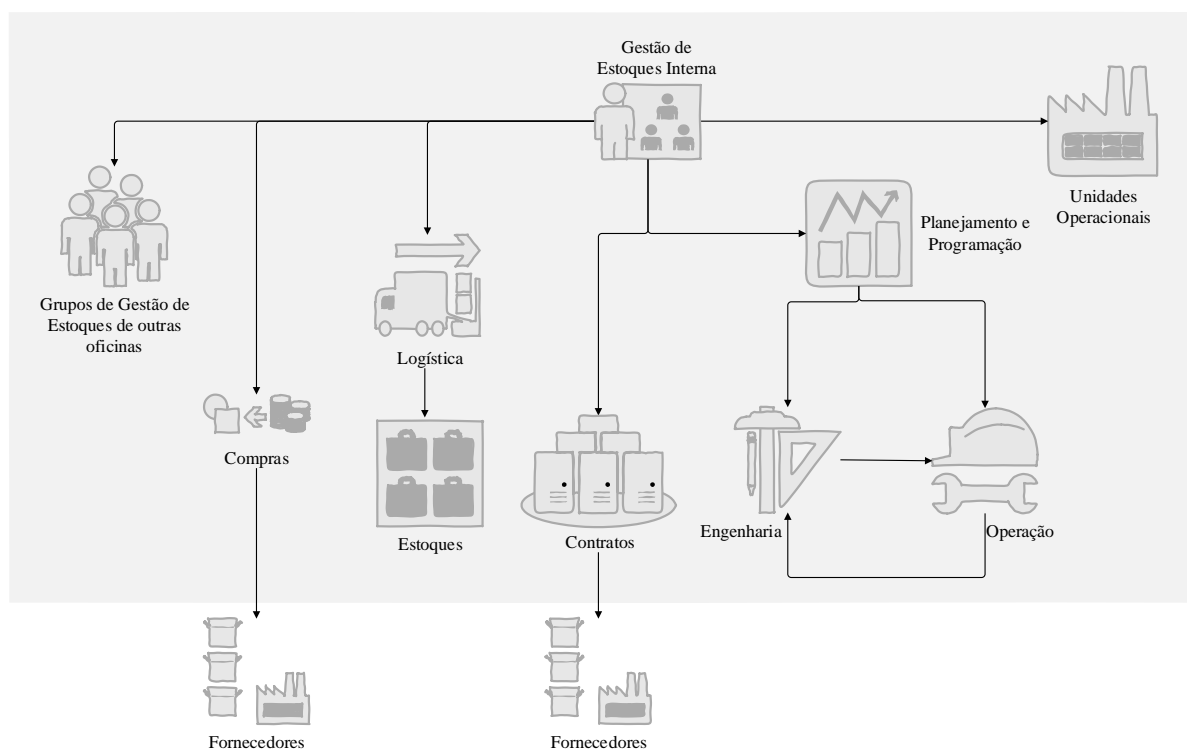


Figura 9: Macroprocesso da oficina de turbomáquinas (Fonte: O autor)

O esquema compreendido no retângulo colorido representa as relações internas da organização. O funcionamento de todos os processos é sustentado pela utilização do sistema de informação integrado, ERP (Enterprise Resource Planning) SAP/R3, que permite a entrada, modificação e acesso aos dados e informações, sem haver duplicidade de conteúdo. Assim, o alinhamento entre os setores mostra-se sistemicamente mais efetivo. A realização de reuniões semanais e mensais para entrosamento da equipe é outro ponto que permite conhecimento do andamento dos processos internos, *brainstormings*, ajustes de dados e percepções da contribuição do trabalho individual no produto a ser entregue ao cliente.

Nos tópicos seguintes será descrito o funcionamento dos processos na Oficina de Manutenção em Turbomáquinas que se relacionam diretamente com a aquisição e

gerenciamento das peças de reposição. Posteriormente, será mostrado um panorama da situação do estoque atual, contemplando a forma de gestão, as políticas de ressuprimento utilizadas e a classificação adotada.

3.4.1 O Processo de Planejamento da Demanda

O planejamento de recursos, como mão-de-obra, materiais e equipamentos, considera a projeção da demanda para até 3 anos à frente da data corrente e informações sobre o tempo de atividade dos equipamentos e a disponibilidade de equipamentos reserva para alguns modelos. Esse tempo é necessário para a formulação e aprovação de contratos, planejamento de capital, agendamento de treinamentos e outros.

Ações para melhorar o planejamento da demanda vêm sendo desenhadas por um grupo formado por profissionais de diversas áreas para serem aplicadas de forma imediata. Este grupo objetiva criar meios para obtenção de informações das demandas de manutenções preventivas de turbomáquinas o mais cedo possível e de forma mais precisa, através do contato com as Unidades de Produção, do acompanhamento de relatórios diários sobre o estado de funcionamento dos equipamentos nas unidades de produção e de seus horímetros (medidores do tempo de uso).

3.4.2 O Processo de Manutenção

A Oficina de Manutenção em Turbomáquinas tem como principal objetivo a manutenção de equipamentos dinâmicos, como as turbinas a gás que permitem a produção de energia para suprir as necessidades da plataforma, e de compressores centrífugos, que são responsáveis por comprimir o gás produzido. Em geral, são realizadas manutenções preventivas, baseadas no tempo de funcionamento do equipamento e inspeções preditivas, visando evitar falhas ou degradação do equipamento. Este tipo de manutenção, na oficina, conhecida como revisão geral por ser previamente determinada, permite a gestão dos estoques de sobressalentes.

Há casos em que os equipamentos sofrem panes e necessitam de intervenções não programadas, caracterizando a manutenção corretiva. Este tipo de manutenção, na oficina, pode ser considerado em determinados casos como emergência, uma vez que as turbomáquinas são equipamentos críticos para o funcionamento das unidades de produção e a não existência de equipamentos para substituição imediata, exige uma manutenção corretiva eficiente e eficaz.

O processo de manutenção, nas revisões gerais, é estruturado em três fases, que refletem três momentos distintos do equipamento: inicial (fase A), intermediário (fase B) e final (fase C), conforme figura 10.

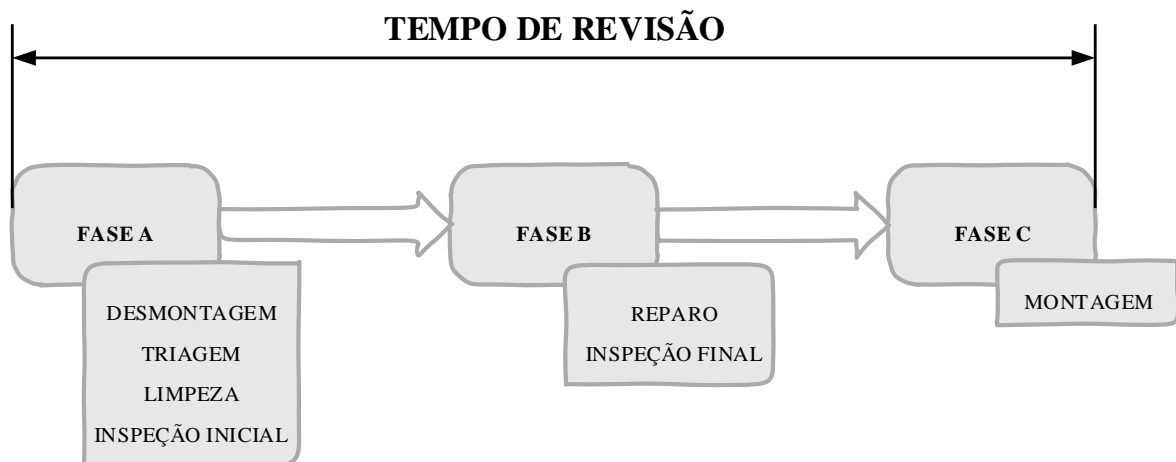


Figura 10: Processo de manutenção de turbomáquinas (Fonte: O autor)

A fase A tem seu início marcado pelo recebimento do equipamento na oficina, seguido da desmontagem em módulos e depois em componentes, que são triados e enviados para a limpeza.

A manutenção de turbomáquinas envolve trocas ou reparos de algumas peças. Existem componentes:

- Inspecionáveis, isto é, aqueles os quais são submetidos à análises para verificação da sua integridade física através de inspeções visuais, dimensionais, tridimensionais e não destrutivas para posterior decisão sobre sua conformidade para uso, ou reparo ou substituição;
- Troca obrigatória, que devem ser substituídos, de acordo com especificações do fabricante e definições técnicas feitas pelos engenheiros, por unidades novas sempre que o equipamento passa pelo processo de manutenção.

Diante dessas especificidades, o grupo de planejamento e programação de materiais consegue prever a demanda por componentes de troca obrigatória e gerar as reservas de materiais imediatamente após a desmontagem do equipamento. Os itens que sofrem inspeção exigem maior tempo e esforço para identificar as necessidades futuras.

A fase A é concluída quando é definida a situação dos itens inspecionáveis na etapa de inspeção inicial. Assim, dada a não conformidade do componente, o mesmo é enviado para reparo ou substituído por novo. A solicitação de materiais nesta etapa, em geral, é realizada sob demanda, no entanto itens que possuem uso mais provável são mantidos em estoque.

Na fase B, os componentes sofrem reparo e posterior, inspeção final para atestar a conformidade para uso. O início da fase C e término do processo de manutenção dependem da conclusão da fase anterior. Portanto, havendo disponibilidade e liberação de todos os componentes, o equipamento é montado e a fase C é concluída.

3.4.3 O Processo de Reposição de Peças

A oficina conta com um grupo responsável pela gestão de estoques. Desta forma, a partir da demanda anual prevista de turbomáquinas a serem mantidas são calculados e revisados os parâmetros de ressurgimento dos materiais necessários a essas manutenções buscando adequá-los as necessidades atuais. Esta parametrização leva em consideração o *lead time* de ressurgimento, a demanda prevista e a aplicação do material (troca obrigatória ou inspecionável).

A política de ressurgimento utilizada no setor é a de revisão contínua (ponto de pedido) e a sua variação, que consiste na política de estoque base. Portanto, toda vez que a posição de estoque atinge um nível de X unidades, abaixo do PP, é gerada uma RC de tamanho Q (pré-definido) para elevá-lo ao patamar desejado (revisão contínua) ou para repor a quantidade necessária para atingir o estoque base. A escolha dessas políticas reflete a realidade vivenciada na oficina, que tem como principal aquisição os itens de troca obrigatória com demanda incerta.

Há casos, como discutidos na seção anterior, em que componentes inspecionáveis são substituídos por novos devido a não conformidades impossibilitadas de reparo. Desta forma, por não ser um item previsto no escopo da manutenção solicita-se sob demanda para atendimento das reservas no *lead time*, sem visão de estocagem para necessidades futuras.

O cálculo dos parâmetros e alimentação no ERP é fundamental para que o processo de reposição de sobressalentes ocorra de forma adequada. A representação desse processo é ilustrada na figura 11.

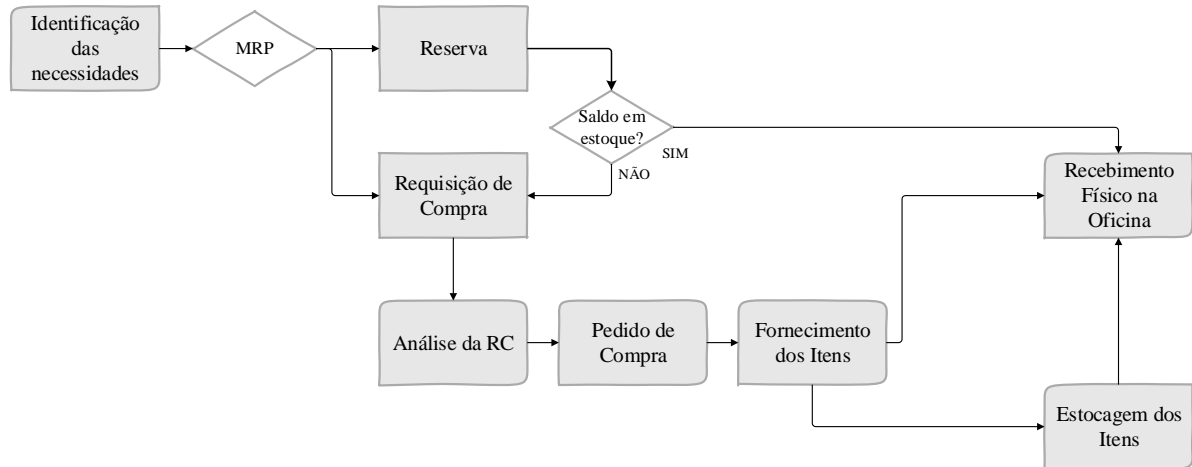


Figura 11: Processo de reposição de sobressalentes (Fonte: O autor)

O sistema de planejamento de materiais (MRP) é a ferramenta implantada e utilizada para gerenciar as necessidades de materiais na organização. Assim, quando dada uma solicitação de material durante a manutenção, este sistema compara os parâmetros de estoque cadastrados para o material com o saldo em estoque e as reservas, criando propostas de abastecimento a partir dessa análise.

No caso de haver saldo em estoque com a quantidade suficiente ao atendimento da necessidade, o material é baixado. Mas, quando não há cobertura para essa necessidade, é gerada RC, que fica pendente até que uma equipe responsável analise e encaminhe para o grupo comprador daquele tipo de item. A partir desta liberação, que consiste em um mecanismo de assinatura eletrônica, é marcado o início do processo de compra que desdobra-se na colocação e envio do pedido de compra para o fornecedor. Quando o prazo de fornecimento é decorrido e o material é entregue e conferido para entrada em estoque, o processo é caracterizado como concluído.

O monitoramento constante dos status dos pedidos de compra permite obter uma visão evolutiva do processo e o conhecimento dos tempos de emissão, fornecimento e recebimento dos pedidos, que impactam diretamente no objetivo: o atendimento das reservas de material no prazo estabelecido. Essa ação contribui para a minimização dos impactos nas atividades de planejamento e programação da manutenção.

3.4.4 O Processo de Acompanhamento do Valor de Estoque

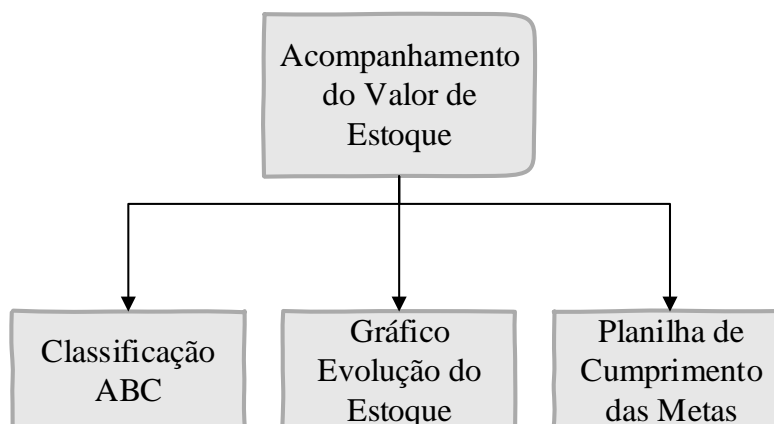


Figura 12: Processo de acompanhamento do valor em estoque (Fonte: O autor)

A classificação adotada pela companhia consiste na Curva de Pareto ou Classificação ABC, que tem acompanhamento mensal e é realizada com base no valor do estoque real, e não no valor do consumo anual. Ao final de cada mês, são levantados no SAP todos os itens em estoque, com seus respectivos valores monetários (produto da quantidade pelo preço), obtendo-se o valor acumulado, e, conseqüentemente, a “importância” relativa dos itens em estoque.

O gráfico da evolução do estoque consiste na projeção do valor do estoque acumulado sob uma visão mensal. Desta forma, possibilita-se o acompanhamento da mobilização de capital e sua evolução/tendência em relação à meta anual estabelecida pela diretoria. A planilha de Cumprimento das Metas de Estoque da oficina especifica ações que contribuirão para o atingimento da meta de estoque ao final do período determinado. Assim, à medida que as ações são cumpridas, seus valores são registrados para que os resultados obtidos ao longo do acompanhamento permitam agir de forma ativa.

3.5 ANÁLISE DO CASO

3.5.1 O cenário atual do estoque de peças de reposição

O estoque de peças de reposição da oficina tem reduzido ao longo do tempo através da implementação de iniciativas estratégicas de saneamento do estoque, conforme gráfico 1.

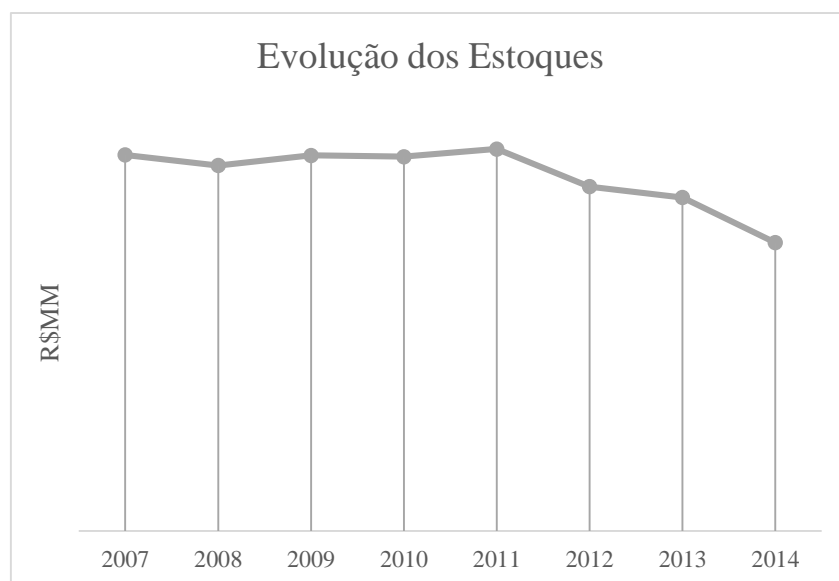


Gráfico 1: Evolução dos estoques ao longo dos anos (Fonte: O autor)

A adoção de ações, tais como: alienação de materiais obsoletos, transferência de materiais para os clientes, revisão e ajustes dos pontos de ressuprimento dos materiais e consumo de materiais em revisões programadas têm sido fundamentais para alavancar essa redução dos estoques da unidade. No entanto, essas iniciativas ocorrem sob demanda, já que a quantidade de materiais estocáveis é bastante razoável e a aplicação dessas está diretamente relacionada a outros aspectos não gerenciáveis, como: burocracias internas e externas, avanços tecnológicos e progressão da economia, principalmente no setor em questão, o que acaba inviabilizando o efeito imediato.

3.5.2 Metodologia de Análise dos Dados

A abordagem de pesquisa de estudo de caso consiste num estudo de natureza empírica que objetiva investigar um determinado fenômeno, geralmente contemporâneo, dentro da proposta de abordar sobre um contexto real, quando as delimitações entre o fenômeno e o contexto em que ele se insere não são claramente definidas (MIGUEL, 2007).

3.5.2.1 Definição do tipo de pesquisa quanto à natureza e aos objetivos

O trabalho configura-se numa pesquisa aplicada pelo seu interesse prático com foco na aplicação dos resultados na solução de um problema específico, e exploratória por retratar um tema pouco abordado na literatura: gestão de peças de reposição com aplicação prática no ambiente empresarial. A necessidade de compreensão e descrição do contexto para investigação

do problema mostra o caráter exploratório para aproximação da realidade, e dos dados com a teoria, proporcionando maior familiaridade com o assunto.

3.5.2.2 Definição do tipo de pesquisa quanto à abordagem

Quanto à abordagem a pesquisa pode ser considerada quanti-qualitativa por analisar tanto dados descritivos quanto dados numéricos para a exploração do tema proposto. A utilização da combinação dessas abordagens permite enriquecer o estudo com os dados concretos de natureza quantificável e com as opiniões, percepções e descrições, possibilitando interpretações mais estruturadas e menos subjetivas.

3.5.2.3 Definição da população/ amostra

O trabalho objetivou estudar o conjunto de peças de reposição cadastradas no software ERP no centro da oficina de turbomáquinas. A escolha da amostra ocorreu baseada numa amostragem não probabilística por julgamento.

Realizou-se um levantamento preliminar dos valores contábeis do estoque da oficina por equipamento – turbina, compressor e outros – seguido do fornecedor. Os resultados apontaram a pesquisa para a classe mais representativa em termos monetários, e conseqüentemente, em necessidade de disponibilidade de componentes pelo volume anual de manutenções. Desta forma, o trabalho irá limitar-se a análise das peças de reposição pertencentes a um único fornecedor: o fornecedor que abrange a maior parte dos componentes de turbinas, compreendendo estoque de 73% desse subgrupo. O mesmo ainda tem participação no estoque com peças utilizadas em compressores centrífugos e caixas de acessórios.

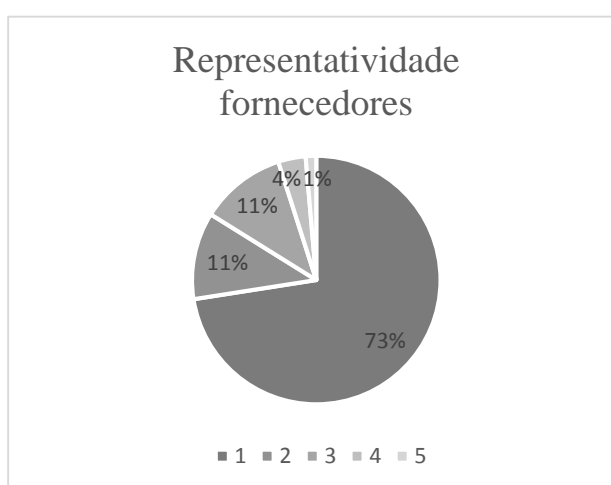


Gráfico 2: Importância dos fornecedores de peças de reposição de turbinas no estoque
(Fonte: O autor)

3.5.2.4 Técnicas e procedimentos de coleta e análise

A coleta dos dados ocorreu no período de setembro a dezembro de 2015 e teve como principais meios: revisão de trabalhos e documentos, visitas in loco, entrevistas não estruturadas com a supervisora de materiais e engenheiros responsáveis do produto e extração de dados do sistema de ERP. Tais recursos permitiram definir de forma mais clara a amostra e adquirir os dados para o estudo.

Primeiramente, a partir da lista completa dos dados das peças de reposição da oficina, coletada através do software de ERP, SAP/R3, e obtidas sob forma de planilhas eletrônicas (EXCEL) com a informações contidas no quadro 1, restringiu-se a análise para apenas aquelas as quais pertenciam a amostra de estudo. Identificaram-se 3605 peças de reposição cadastradas no sistema para compor esse conjunto e então, verificou-se a existência de parâmetros de ressurgimento no sistema de MRP utilizado pela empresa.

Nome do Material
Nº de Cadastro do Material
Descrição do Material
Estoque Máximo
Ponto de Reabastecimento
Estoque de Segurança
Tipo de MRP
Perfil de Planejamento das Necessidades

Quadro 1: Dados das peças de reposição (Fonte: O autor)

A classificação quanto ao tipo de ressurgimento consistiu na primeira iniciativa de subdivisão dos dados, como encontra-se na figura 13.

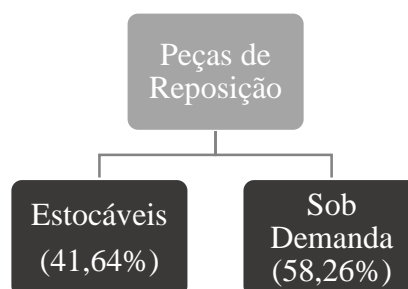


Figura 13: Subdivisão quanto ao tipo de ressurgimento (Fonte: O autor)

Na oficina, os itens enquadrados como estocáveis são, em sua maioria, peças de reposição de troca obrigatória, já os itens sob demanda são as peças que, em geral, são passíveis de inspeções e reparos, como abordado na sessão 3.4.3. Os dados refletem que a maior parte dessas peças cadastradas, 58,26%, são solicitadas por necessidades não previstas.

A divergência de tratamento entre essas classes, e conseqüente mudanças na tomada de decisão, incentivaram a criação de duas árvores de decisões: uma contemplando as peças de reposição estocáveis que continham parâmetro de ressurgimento no período de análise; e outra compreendendo as peças de reposição que eram solicitadas sob demanda e, portanto, sem parametrização para o ressurgimento.

Os dados de consumo (quadro 2) adquiridos do sistema ERP exibiram as movimentações de saída para cada um dos materiais, assim como, devoluções no período de análise de 01/09/2010 a 31/08/2015. A obtenção dessas informações sobre as baixas de material no período, exigiu filtrar os dados apenas para a amostra de interesse e restringir o acompanhamento das retiradas somente para as ordens de serviços internas da oficina. Após o ajuste desses dados, foi necessário realizar o saneamento dos mesmos para comparação das baixas e estornos, e permanência apenas daquilo que de fato foi utilizado.

Nome do Material
Nº de Cadastro do Material
Descrição do Material
Tipo de Movimentação do Material
Depósito de Armazenamento
Nº da Ordem de Serviço
Data de Lançamento da Movimentação
Quantidade de Saída
Valor de Saída

Quadro 2: Dados das movimentações de materiais no estoque (Fonte: O autor)

A árvore de decisão, técnica utilizada para análise dos itens estocáveis e sob demanda, seguiu os mesmos níveis de classificação para ambos os tipos de ressurgimento. O primeiro nível subdividiu os itens quanto à frequência da demanda, originando três grupos: o primeiro compreendendo os materiais que tiveram exatamente um consumo, o segundo os que não foram demandados e por último, os que possuíam demanda superior a um no período de análise.

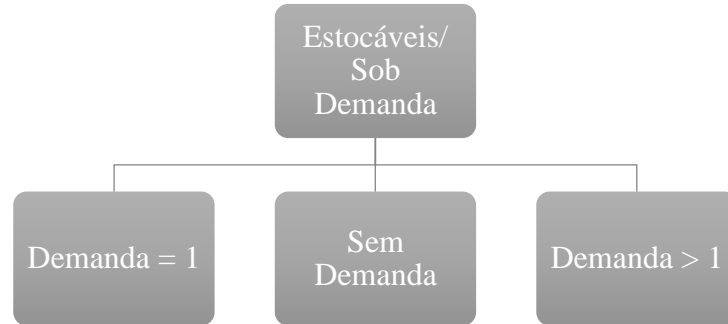


Figura 14: Subdivisão quanto à frequência de demanda
(Fonte: O autor)

1. Demanda = 1:



Figura 15: Subdivisões dos itens com demanda = 1
(Fonte: O autor)

Este grupo, formado por materiais com demanda exatamente igual a um, não obteve um segundo nível de classificação e aplicou-se diretamente uma decisão. Tal fato deveu-se ao grande número de materiais e à não existência de tempo hábil para avaliação dos engenheiros do produto quanto à criticidade para estocagem. Como a demanda é pouco expressiva, sugeriu-se uma análise futura.

2. Sem Demanda:



Figura 16: Subdivisões dos itens sem demanda (Fonte: O autor)

Este grupo, que expressa os materiais sem demanda no período, subdividiu-se no segundo nível em: materiais que obtinham unidades em estoque e materiais que não apresentavam quantidade estocada no período de análise. Os dados necessários foram extraídos do SAP/R3, contemplando informações conforme quadro 3.

Nome do Material
Nº de Cadastro do Material
Valor do Estoque Atual
Quantidade do Estoque Atual

Quadro 3: Dados de materiais armazenado em estoque (Fonte: O autor)

A classe com quantidades em estoque seguiu para uma categorização de terceiro nível, segmentando em: obsoletos/inutilizáveis e utilizáveis. Os obsoletos/inutilizáveis referiram-se aos materiais que não eram utilizados, pois foram substituídos por outros ou não encontraram-os na lista técnica do equipamento (lista hierarquizada que contempla a descrição de todos os módulos, conjuntos, componentes e subcomponentes do equipamento) e, por não apresentarem consumo, foram enquadrados como improváveis de serem utilizados em revisões futuras. Já

nos utilizáveis, compreenderam-se os materiais considerados passíveis de substituição nas máquinas em revisões futuras.

3. Demanda > 1:

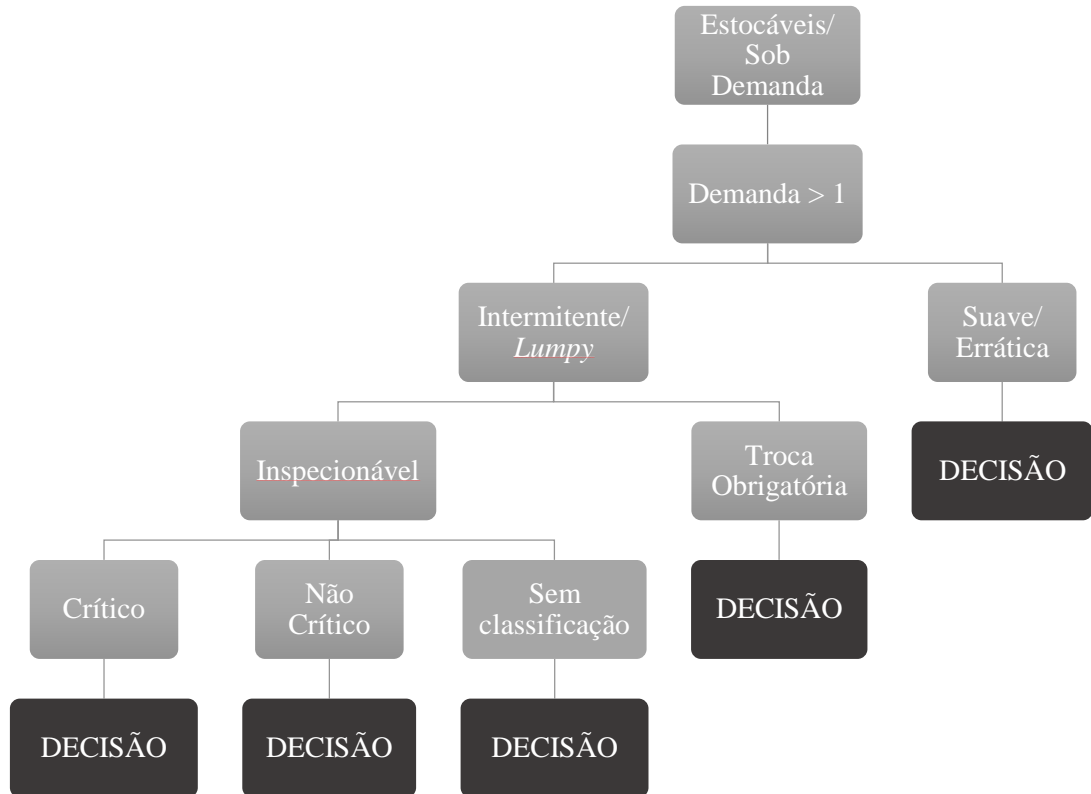


Figura 17: Subdivisões dos itens com demanda > 1 (Fonte: O autor)

Os materiais pertencentes a este grupo foram classificados, no segundo nível, quanto ao padrão de demanda em: demanda intermitente/ *lumpy* e suave/ errática, conforme proposto por Syntetos, Boylan e Croston (2005). Mediram-se, em dias, os intervalos de tempo entre as retiradas no período para cada material, ressaltando-se que a primeira movimentação de baixa de cada material foi comparada com a data de início 01/09/2010 para que fosse possível mensurar este tempo. Dada a medição dos intervalos entre dois consumos sucessivos em dias, a transformação em um período que viabilizasse uma melhor análise dos dados foi necessária. Realizou-se o cálculo do ADI (equação 7) para a periodicidade de três meses e seis meses, e a primeira foi escolhida. Considerando a existência de vinte trimestres no período de cinco anos, os itens com $ADI < 1,32$ foram enquadrados na classificação de demanda suave/ errática. Já os itens com $ADI \geq 1,32$ e $ADI \leq 20$ foram classificados com demanda intermitente/ *lumpy*.

O terceiro nível desse grupo compreendeu a classificação dos itens com demanda intermitente/ *lumpy* quanto a serem inspecionáveis ou de troca obrigatória, para que somente os primeiros fossem classificados quanto à criticidade para o estoque, correspondendo ao nível 4 da árvore de decisão. Mensurou-se a criticidade através do método AHP, onde critérios e alternativas foram levantados, avaliados quanto à importância em relação à criticidade para estocagem por profissionais capacitados e combinados de forma a prover notas que indicassem a classificação em itens críticos e não críticos. O modelo hierárquico encontra-se na figura 18.



Figura 18: Método AHP para definição da criticidade para o estoque
(Fonte: O autor)

Determinaram-se as alternativas dos critérios *lead time* e preço, a partir da análise dos dados dos materiais, fixando-se os pontos de corte nas faixas de maior concentração. Já as demais alternativas consistiram na mensuração de aspectos qualitativos, onde analisou-se pelo atendimento ou não de determinada característica.

O *lead time* compreende o tempo total de ressurgimento, desde a criação da RC até o recebimento do fornecedor. Levantou-se esse critério através do histórico de pedidos (quadro 4), registrado no ERP. Para os casos com valor não encontrado, estimou-se um tempo de acordo com similaridades da peça e do módulo, considerando o local onde é aplicada.

Nº de Cadastro do Material
Fabricante
Nº do Pedido
Item do Pedido
Nº da RC
Data de Criação da RC
Data Liberação da RC
Data Liberação do Pedido
Data de Recebimento do Fornecedor

Quadro 4: Dados históricos de pedidos (Fonte: O autor)

Em relação ao critério preço considerou-se o valor unitário para os casos em que apenas um item é utilizado para manutenção do equipamento e também nas situações em que é aplicado um conjunto, mas, no entanto, não há dados históricos que mostrem que todo o conjunto é substituído por outros itens novos. Utilizou-se o valor do conjunto somente para as situações onde pode-se ter a comprovação estatística de troca de todo o conjunto de peças instaladas. Os dados utilizados nesta análise foram obtidos através do ERP (quadro 3) e de uma planilha interna que contemplava as estatísticas do número de unidades utilizadas de cada componente em manutenções anteriores.

Introduziu-se o critério impacto da falta com o objetivo de identificar peças internas ao equipamento que impedem o término da manutenção, e conseqüentemente, podem atrasar a entrega ao cliente caso não estejam disponíveis na montagem da máquina e as peças periféricas, que não impactam no fechamento da máquina, já que podem ser inseridas pelo próprio cliente e até serem aproveitadas, em alguns casos, de um outro equipamento que operava anteriormente. As informações para esta etapa foram obtidas, para cada componente, por meio da avaliação do responsável técnico do produto analisado.

O reparo especificado como critério restringiu-se ao serviço nacional. Desta forma, identificaram-se as peças possíveis de serem reparadas como itens com possibilidade de reparo. Já as que o reparo não era viável e a compra de unidades novas foi vista como única alternativa, demarcaram-se como impossibilitadas de

reparo. Os dados sobre a possibilidade de reparo foram obtidos para cada componente através da avaliação pelo responsável técnico do produto analisado.

A execução do método ocorreu a partir da elaboração das matrizes de comparação, propostas por Saaty. Assim, utilizando a Escala de Saaty quatro empregados, dentre eles, um engenheiro, um técnico de manutenção, um supervisor de materiais e um gerente fizeram julgamentos com relação as alternativas e critérios por combinações binárias e atribuíram os valores correspondentes, conforme formatação proposta no apêndice A.

As matrizes de comparação foram normalizadas e assim, estabelecidas as importâncias de cada critério em relação ao outro e a prioridade de cada alternativa à luz do critério correspondente. Desta forma, as avaliações individuais puderam ser conhecidas, validadas a partir do teste de consistência, para posterior combinação das opiniões. Os gráficos que expressam esses resultados individuais para os critérios e as alternativas encontram-se no apêndice B e os resultados finais no quadro 5.

AHP - OBJETIVO: Criticidade		
Critério	Lead Time	22%
Alternativas	> 300 dias	68%
	200 - 300 dias	24%
	< 200 dias	8%
Critério	Reparo	24%
Alternativas	Possibilidade de Reparo Nacional	15%
	Impossibilidade de Reparo Nacional	85%
Critério	Impacto da Falta	43%
Alternativas	Atrasa a Manutenção	88%
	Não atrasa a Manutenção	12%
Critério	Preço	11%
Alternativas	> R\$ 50.000,00	8%
	R\$ 1.000,00 - R\$50.000,00	25%
	< R\$ 1.000,00	67%

Quadro 5: Quadro de notas finais dos critérios e alternativas (Fonte: O autor)

Através dos resultados obtidos, combinaram-se os critérios e as alternativas multiplicando-se a nota do critério pela nota da alternativa e somando-se essas notas obtidas por critério para cada material, chegando-se aos resultados específicos para

cada peça de reposição. Assim, cada material recebeu uma nota final que permitiu o julgamento quanto à criticidade, conforme proposto por Meggs (2014).

Os materiais poderiam obter notas variando de 11% a 80%, dependendo das alternativas selecionadas. O resultado mínimo, 11%, representando o caso das peças que não atrasam a manutenção, que possuem um *lead time* inferior a 200 dias, com possibilidade de reparo nacional e preço superior a R\$50.000,00. Já a nota máxima, 80%, caracterizando as peças que atrasam a manutenção, que possuem *lead time* superior a 300 dias, não há a possibilidade de reparo nacional e o preço é inferior a R\$1.000,00.

A nota mínima encontrada foi 18% para uma peça que não atrasa a manutenção, possui um *lead time* inferior a 200 dias, com possibilidade de reparo nacional e preço entre R\$1.000,00 e R\$50.000,00. E a nota máxima, 80%, correspondeu a nota esperada. O corte foi estabelecido em 60%. Acima desta nota, foram enquadrados os itens críticos, compreendendo os componentes que atrasam a manutenção e não possuem reparo, em sua maioria. Já os com notas menores que 60%, itens não críticos, podem atrasar ou não a manutenção, no entanto, os que atrasam têm possibilidade de reparo nacional, que é uma alternativa viável, mais barata e rápida.

A árvore de decisão estruturada de forma hierárquica, com todos os níveis propostos anteriormente, encontra-se no apêndice 3.

3.5.3 Análise dos Dados

A análise dos dados foi subdividida de acordo com a proposta de implantação de duas árvores de decisão: uma para os itens estocáveis e outra para os materiais sob demanda.

3.5.3.1 Itens Estocáveis

Os itens estocáveis compreendiam 1501 cadastros no sistema no período de análise. No entanto, nem todos esses materiais foram utilizados ou passaram pelo estoque no período de estudo. As informações obtidas mostraram que um pouco mais da metade dos materiais estocáveis, 53,03%, obtiveram mais de uma demanda no período, cerca de 17%, apresentaram apenas uma demanda e 30,38% não obtiveram demanda.

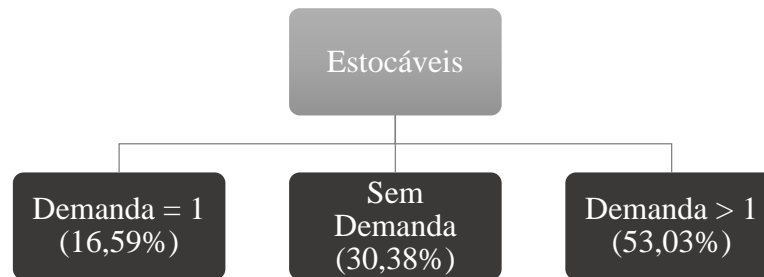


Figura 19: Nível 1 estocáveis - classificação quanto à frequência de demanda (Fonte: O autor)

- **Demanda = 1:**

Conforme relatado na metodologia, não foram propostas novas segmentações para esta classe.

- **Sem Demanda:**

Constatou-se um número muito superior ao esperado, 30,38% dos materiais estocáveis, no grupo dos materiais que não apresentaram demanda nesse histórico de análises de cinco anos. Isto porque se os itens incluíam parâmetros, deveriam ter um consumo que explicasse a decisão pela estocagem. Diante disso, foram investigados quanto a existência de quantidade estocada ou não.

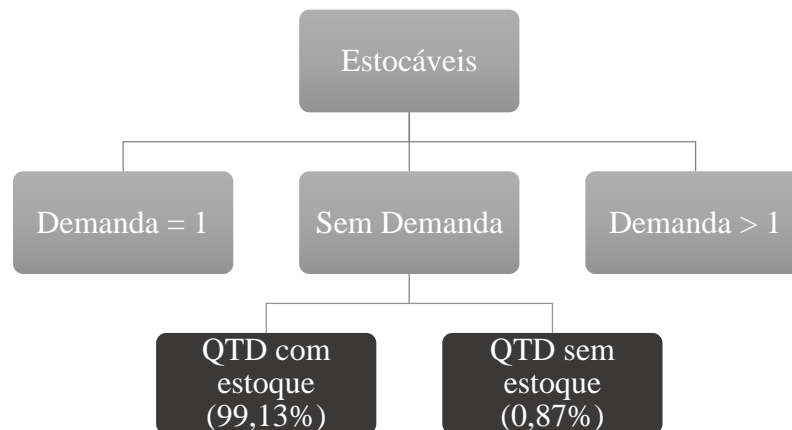


Figura 20: Nível 2 estocáveis - classificação quanto à existência de estoque (Fonte: O autor)

A comparação dos dados de estoque de agosto de 2010 e agosto de 2015 mostraram que 99,13% dos materiais sem demanda apresentaram unidades estocadas no período e, que mais de 70% desses materiais estocados não sofreram movimentação no período, indicando uma grande imobilização de capital, a qual não contribuiu para geração de receitas para a gerência, e sim, apenas para custos com

estocagem. Os outros 26,33% tiveram a quantidade alterada no período, no entanto tais movimentações não contribuíram para a conclusão de nenhum equipamento em manutenção, uma vez que não houve consumo. Desses, 36,98% apresentaram aumento devido à chegada de pedidos de materiais, recebimentos de materiais reparados, devoluções de material não utilizado ao estoque e transferências de materiais de outros centros de armazenamento. Outros 29,41% obtiveram redução da quantidade estocada, devido a eventos de alienação, inventários e transferências para outros centros de armazenagem. E os 33,61% restantes, não apresentaram estoque no início do período, mas ao final do mesmo, exibiram algum valor.

Os materiais com quantidade estocada passaram pelo nível 3, subdividindo-se em: obsoletos/ inutilizáveis e utilizáveis. Num primeiro instante, foram considerados 18,36% de materiais obsoletos e inutilizáveis, e o restante, 82,52%, com possibilidade de aplicação do material em algum momento, sujeito à alterações em análises futuras.

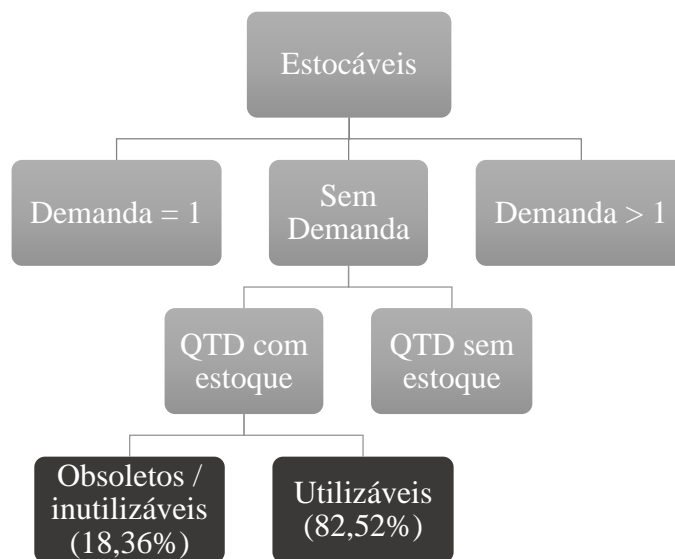


Figura 21: Nível 3 estocáveis - classificação quanto à obsolescência e utilidade (Fonte: O autor)

- **Demanda > 1:**

A representatividade dos itens com demanda superior a um já era esperada, uma vez que a estocagem é um instrumento comumente utilizado em cenários onde os materiais exibem um consumo mais expressivo e é preciso assegurar o atendimento demanda no prazo e driblar possíveis transtornos com o ressurgimento. A importância do conhecimento do padrão de demanda desses materiais se desdobrou em outra ramificação de acordo com a figura 22.

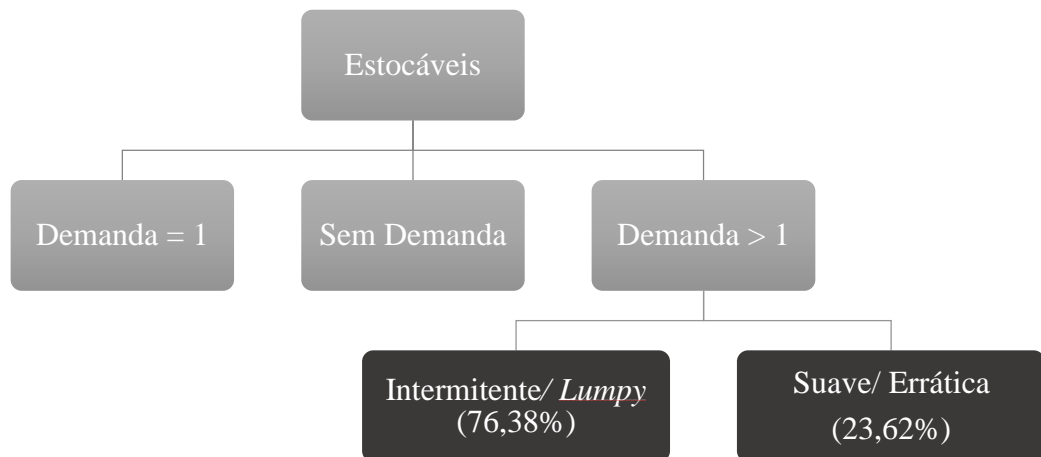


Figura 22: Nível 2 estocáveis - classificação quanto ao padrão de demanda
(Fonte: O autor)

Grande parte dos materiais compreendeu a classe intermitente/ *lumpy*, já que peças de reposição, de forma geral, são conhecidas por esse comportamento, onde as quantidades e intervalos entre demandas não funcionam de forma tão uniforme ao longo do tempo.

Ainda buscando estudar de forma mais precisa esses itens, os mesmos foram subdivididos em de troca obrigatória e inspecionáveis, para que os últimos fossem avaliados quanto à criticidade. Isto porque entende-se que materiais troca obrigatória já passaram por uma análise prévia sobre a sua importância.

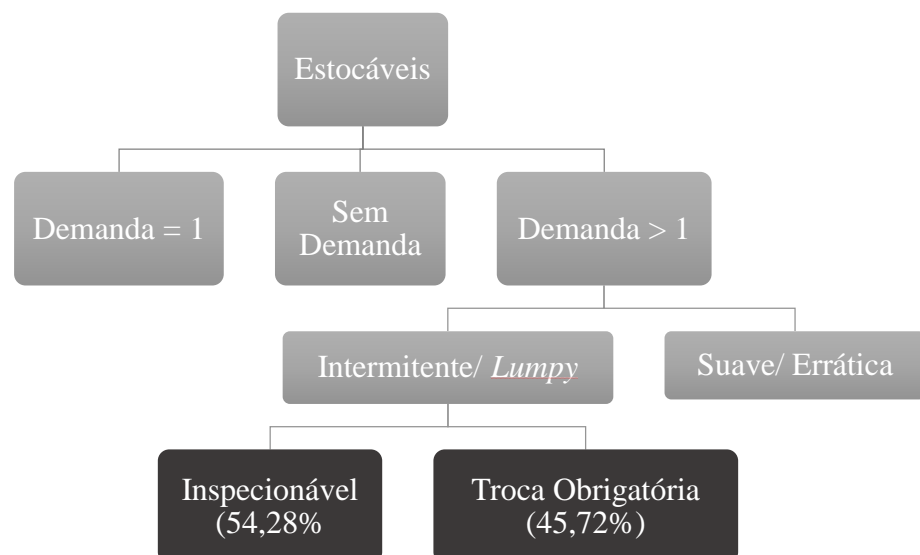


Figura 23: Nível 3 estocáveis - classificação quanto à obrigatoriedade de troca
(Fonte: O autor)

Um pouco menos da metade dos itens, 45,72%, foram enquadrados como de troca obrigatória, e, portanto, não sofrerão novas segmentações. Já o restante, 54,28% dos itens, foram identificados como inspecionáveis e categorizados em críticos e não críticos para o estoque através do método AHP.



Figura 24: Nível 4 estocáveis- classificação quanto à criticidade (Fonte: O autor)

Dos 330 materiais presentes na classe de inspecionáveis, 61,51%, apresentaram-se como críticos para estocagem e, portanto, devem estar presentes no estoque, concordando com a classificação de estocáveis. Outros, 33,44%, mostraram-se dispensáveis à condição de armazenagem para utilização futura, logo a presença no estoque acarreta em custos desnecessários. E o restante, 7,58%, evidenciaram os materiais que não puderam ser classificados pela falta de informações dos mesmos na lista técnica dos equipamentos.

3.5.3.2 Itens Sob Demanda

Os materiais sob demanda estavam presentes em maior quantidade no software, atingindo a marca de 2101 cadastros no período de análise. Desses materiais, 88,34% não obtiveram demanda no período, 4,85% foram demandados uma única vez, e 6,81% tiveram ocorrência de mais de uma solicitação de baixa.

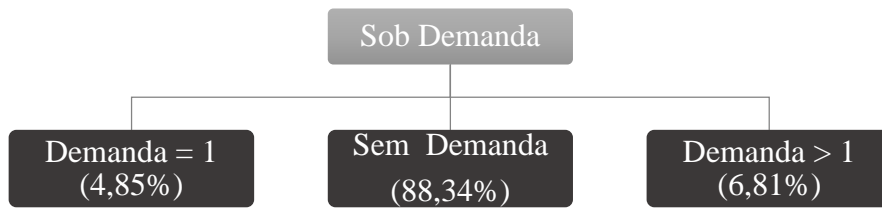


Figura 25: Nível 1 sob demanda - classificação quanto à frequência de demanda (Fonte: O autor)

Pouco mais de 10% das peças de reposição sob demanda apresentaram consumo, evidenciando que a maior parte dos itens, de fato, não possui um comportamento que explique a colocação de parâmetro de ressuprimento.

- **Demanda = 1:**

Conforme relatado na metodologia, não foram propostas novas segmentações para esta classe.

- **Sem Demanda:**

No grupo dos materiais que não obtiveram demanda no período, encontraram-se itens que quando categorizados quanto à existência de estoque, apresentaram quantidades estocadas. A análise dos dados mostrou que dos 1856 materiais presentes nessa classe, 96,61% não mantiveram estoque no período. Mas os outros quase 4% consistiram em itens que exibiram material estocado. Esta última classe não deveria existir, pois os itens sob demanda devem ser solicitados para atender a uma ordem de serviço e apenas passar pelo estoque, caso necessário, para armazenamento imediato e posterior utilização. A explicação está no fato desses materiais já terem sido enquadrados no passado como itens de troca obrigatória.

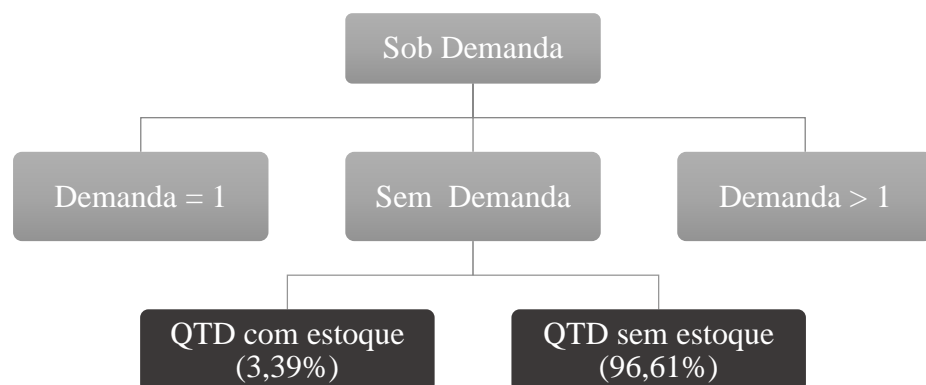


Figura 26: Nível 2 sob demanda - classificação quanto à existência de estoque (Fonte: O autor)

Dos materiais com estoque e que tiveram alteração no número de itens estocados, 42,11% passaram por ações de inventário, alienação e transferência, contribuindo para a redução do armazenamento. Já os outros 57,89% não possuíam estoque no início do período, mas chegaram no decorrer do mesmo.

Assim, como os materiais estocáveis, os sob demanda, sem consumo no período e com quantidades estocadas foram classificados em: obsoletos/ inutilizáveis e utilizáveis.

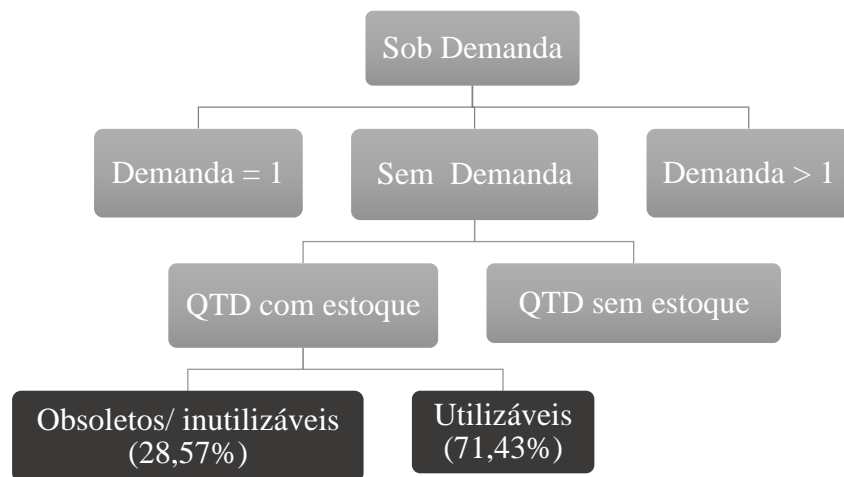


Figura 27: Nível 3 sob demanda - classificação quanto à obsolescência e utilidade
(Fonte: O autor)

Os dados mostraram que quase 30% desses materiais eram obsoletos/ inutilizáveis e os outros, ainda com probabilidade de uso.

- **Demanda > 1:**

Para os materiais com mais de um consumo implementou-se uma nova categorização para análise quanto ao padrão de demanda.

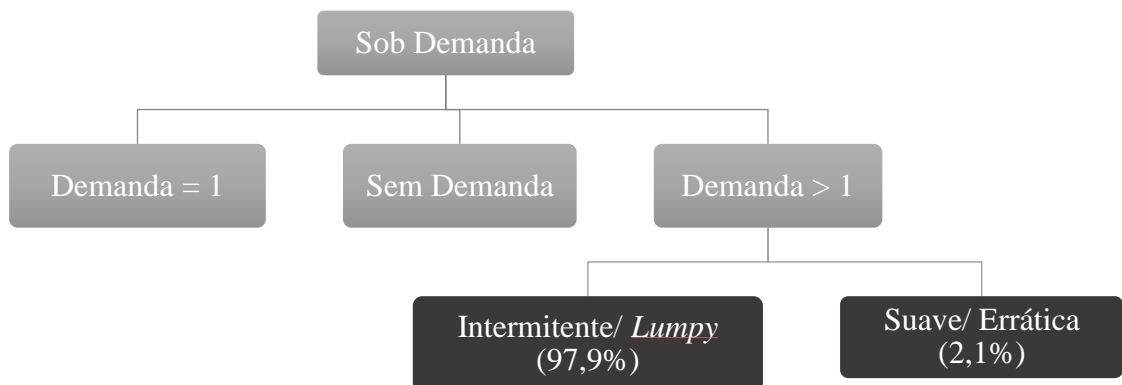


Figura 28: Nível 2 sob demanda - classificação quanto ao padrão de demanda
(Fonte: O autor)

A alta porcentagem dos materiais na classe intermitente/ *lumpy* explicou a aleatoriedade dos consumos em termos de quantidade e espaçamento da necessidade ao longo do tempo, o que já era esperado para esses itens, que são trocados apenas em alguns casos.

A subdivisão dos materiais, nível 3, em inspecionáveis e de troca obrigatória mostraram que existem itens troca obrigatória que são solicitados sob demanda por serem pouco utilizados.

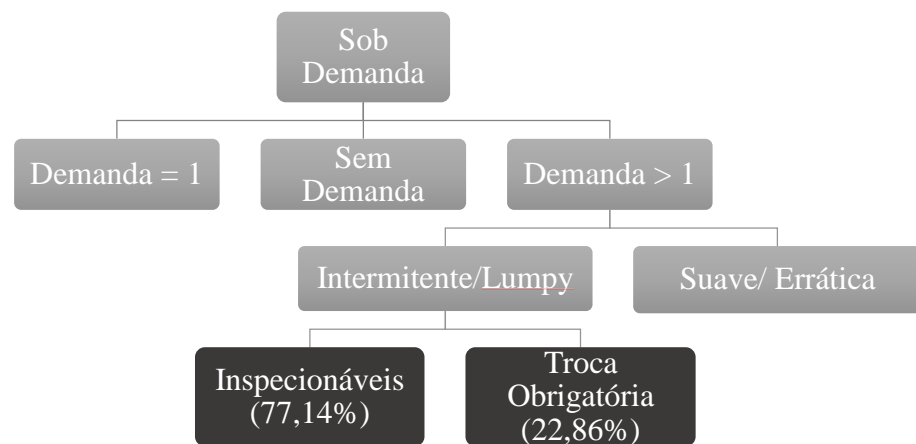


Figura 29: Nível 3 sob demanda - classificação quanto à obrigatoriedade de troca (Fonte: O autor)

No entanto, a expressividade dos itens inspecionáveis, 77,17%, evidenciaram que um melhor tratamento quanto à criticidade era necessário para definir se os mesmos deveriam ser categorizados como itens críticos, e, portanto, tornarem-se itens estocáveis.

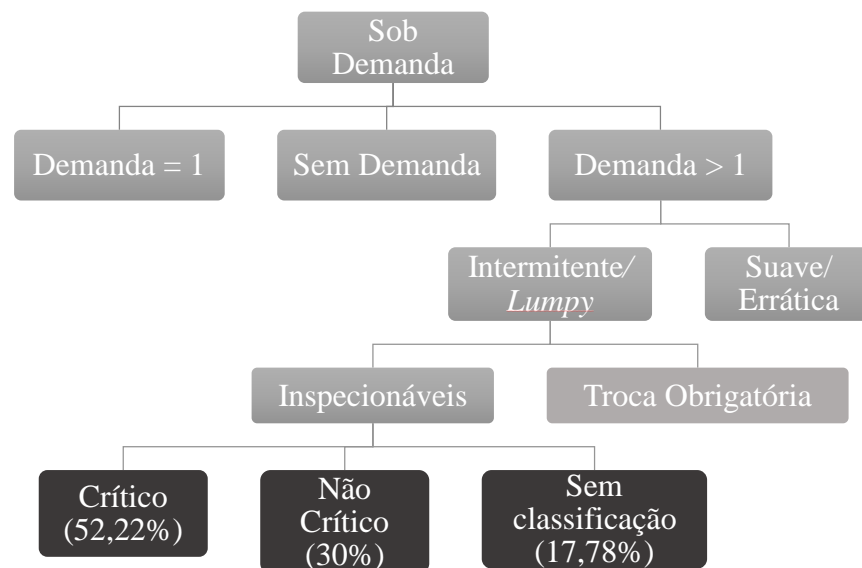


Figura 30: Nível 4 sob demanda - classificação quanto à criticidade (Fonte: O autor)

A classificação quanto à criticidade mostrou que 52,22% dos itens inspecionáveis são críticos para o estoque. Desta forma, pode-se notar que existiam itens críticos para a manutenção sem parâmetros de ressurgimento, representando riscos de parada durante as revisões. Já 30% enquadraram-se como não críticos e a estocagem dos mesmos permaneceu desobrigada. Houve ainda um grupo sem classificação, devido à insuficiência de dados para categorizá-los nessas classes.

3.6 RESULTADOS E DISCUSSÃO DO CASO

Diante das análises anteriores foi possível definir ações para cada ramificação da árvore de decisão. Essas iniciativas visaram reduzir o *trade off* entre o valor de estoque e a disponibilidade das peças de reposição de acordo com a situação da economia atual, além de diminuir as quantidades já em estoque.

Os tópicos 3.6.1 e 3.6.2 abordam a decisão para cada classe conforme a árvore de decisão final, presente na figura 31 para os itens com demanda igual a um e os itens sem demanda, e na figura 32 para os itens com demanda superior a um.



Figura 31: Árvore de decisão - itens com demanda = 1 e itens sem demanda
(Fonte: O autor)



Figura 32: Árvore de decisão - itens com demanda > 1 (Fonte: O autor)

3.6.1 Árvore de Decisão Itens Estocáveis

- **DECISÃO 1:** Esses materiais foram considerados dispensáveis ao estoque. Isto porque não existiu um consumo que explicasse a colocação de parâmetros, mesmo que em um estudo anterior tenham sido enquadrados como de troca obrigatória, por exemplo. Esses materiais devem ter os parâmetros de ressuprimento retirados, e em um momento futuro serem submetidos à avaliação de criticidade de estocagem.
- **DECISÃO 2:** Esses materiais devem ter os parâmetros de ressuprimento retirados, já que não houve consumo nos últimos cinco anos, ressaltando a não necessidade de estocagem para o curto e médio prazo. E ainda, de acordo com a classificação de obsolescência e inutilização no futuro, devem ser inseridos numa ação de alienação, para que não sejam dispendidos mais gastos com estoque para materiais que não contribuirão positivamente para a conclusão de um serviço de manutenção.

Estas ações, caso venham a ser aplicadas, não surtirão efeito significativo imediato. Os 18,36% dos itens sugeridos para alienação, representam uma queda do valor do estoque em 0,54%. Novas avaliações para esses materiais devem ser feitas, de modo que sejam propostas iniciativas mais agressivas, seja por novas ações de alienação, venda ou consumo das unidades estocadas.

- **DECISÃO 3:** Esses materiais devem ter os parâmetros retirados, já que também não apresentaram consumo nos últimos cinco anos que incentivasse a permanência dos mesmos. No entanto, não devem sofrer ações de alienação instantânea, pois foram enquadrados como itens com possibilidade de uso no futuro.

Essa classe deve ser analisada com frequência pela diretoria, já que 15,9% do valor do estoque para esse fornecedor concentra-se nela e a mesma não sofreu baixas para aplicação em equipamentos nos últimos cinco anos.

- **DECISÃO 4:** Os itens dessa classe devem ter os parâmetros retirados.
- **DECISÃO 5:** Esses materiais apesar de serem inspecionáveis, possuem criticidade elevada, apresentando riscos à atividade de manutenção caso não estejam disponíveis, e, portanto, devem permanecer com parâmetro de ressuprimento.
- **DECISÃO 6:** Esses materiais além de serem inspecionáveis, não apresentam-se como críticos para estocagem e, desta forma, devem ter os parâmetros de ressuprimento retirados.
- **DECISÃO 7:** Esses itens foram identificados como impossibilitados de classificação quanto à criticidade por falta de informações suficientes. Um estudo deve ser viabilizado para que seja possível classificá-los.
- **DECISÃO 8:** Os itens de troca obrigatória, de acordo com a gerência, devem permanecer com o parâmetro de ressuprimento caso já contenham, neste primeiro momento. Isto acontece, pois, os itens de troca obrigatória já foram submetidos à estudos anteriores sobre a importância de sua disponibilidade. Uma atualização dessa lista deve ser prevista para o futuro oportuno a fim de que os dados fiquem mais alinhados com os manuais e históricos de troca de peças em manutenções da oficina.
- **DECISÃO 9:** Os itens com padrão de demanda suave/ errático devem ter os parâmetros de ressuprimento mantidos, isto porque por eles possuírem intervalos mais regulares entre os consumos consecutivos, devem estar presentes sempre no estoque para que consigam suprir a demanda, que já é conhecida quanto à dispersão das solicitações ao longo do tempo.

3.6.2 Árvore de Decisão Itens Sob Demanda

- **DECISÃO 1:** Esses materiais foram considerados dispensáveis ao estoque. Isto porque não existiu um consumo que explicasse a colocação de parâmetros. Devem ser mantidos sem os parâmetros de ressurgimento.
- **DECISÃO 2:** Esses materiais devem ser mantidos sem os parâmetros de ressurgimento. A classe representando obsolescência e inutilização futura no setor, também explica a ação de alienação proposta para esses itens.

Tais ações, caso aplicadas, contribuirão de forma praticamente insignificante em termos de redução do valor de estoque. Os 28,57% desses materiais sob demanda com quantidade em estoque previstos nas ações de alienação, representam uma diminuição de aproximadamente 0,31% em termos de valor estoque para este fornecedor.

- **DECISÃO 3:** Estes itens, neste primeiro momento de análise, foram considerados utilizáveis, mesmo que não tenham sido consumidos nos últimos 5 anos. Assim, foram propostos: manter esses materiais sem os parâmetros de ressurgimento para que os mesmos não se acumulem novamente no estoque, e sugerido um estudo de iniciativas para que esse capital, que representa 2,2% do valor do estoque para esse fornecedor, não se desdobre em novos custos para organização.
- **DECISÃO 4:** Esses materiais estão de acordo com a classificação inicial, sem parâmetros, isto porque eles não devem ser mantidos em estoque.
- **DECISÃO 5:** Esses materiais são conhecidos por serem inspecionáveis e críticos para o estoque, desta forma, devem ter parâmetros de ressurgimento inseridos.
- **DECISÃO 6:** Essa classe apresenta materiais inspecionáveis e não críticos à estocagem, assim, por não representarem riscos aparentes à atividade de manutenção, devem permanecer sem parâmetros de ressurgimento.
- **DECISÃO 7:** Esses itens foram identificados como sem possibilidade de classificação quanto à criticidade por falta de informações suficientes. Um estudo deve ser viabilizado para que seja possível classificá-los.
- **DECISÃO 8:** Os itens de troca obrigatória, neste caso, independentemente de estarem alocados num momento anterior às categorias sob demanda devem ser inseridos os parâmetros de ressurgimento. Tal fato deve-se a conclusões tomadas em estudos anteriores sobre a importância de sua disponibilidade. Uma atualização dessa lista em relação a obrigatoriedade de troca ou não deve ser pensada numa

próxima fase de análise para maior alinhamento com os manuais e históricos de troca de peças de reposição.

- **DECISÃO 9:** Os itens com padrão de demanda suave/ errática devem ter parâmetros de ressuprimento inseridos, isto porque compreendem intervalos regulares entre os consumos, sendo possível prever uso ao longo do tempo.

4 CONCLUSÃO

A realização do trabalho, considerando a pesquisa bibliográfica e o estudo de caso, mostrou a importância da gestão dos estoques de peças de reposição no cenário empresarial. Suas características particulares, como altos *lead time* de ressuprimento, demanda intermitente e esporádica e elevados custos, evidenciaram os riscos de se manter uma política de antecipação à demanda, com estoques elevados e altos custos para a organização, garantindo atendimento a demanda no prazo, e uma política mais conservadora, com estoques mais baixos, assim como os custos, e a elevada ameaça na disponibilidade do item.

A proposição de métodos capazes de segmentar os itens em classes que permitissem um gerenciamento mais focado nas características das peças de reposição, mostrou-se fundamental para analisar pelo ponto de vista de diversos critérios e driblar a heterogeneidade. A segmentação por árvore de decisão dos itens sob demanda e estocáveis da amostra consistiram no escopo do estudo.

A classificação quanto ao padrão de demanda mostrou-se de extrema importância para separar os itens que foram utilizados com mais frequência, daqueles que não sofreram utilização ou tiveram seus consumos ao longo do tempo de forma intermitente. Outro ponto chave do estudo foi a avaliação quanto à criticidade através do método AHP, onde possibilitou-se segmentar os materiais críticos para estocagem e propor a introdução de parâmetros de ressuprimento. A classificação dos materiais sem demanda foi bastante positiva, permitindo verificar se haviam quantidades estocadas de peças de reposição e se as mesmas enquadravam-se no escopo de uma manutenção futura, ou se seriam categorizadas como obsoletas/inutilizáveis e sugeridos descartes.

Esses resultados encontrados, como manutenção, retirada ou implementação de parâmetros de estoque para os materiais, além de iniciativas de alienação de alguns itens contribuirão, caso aplicados, para um melhor uso dos estoques, reduzindo o *trade off* disponibilidade e custo. Além disso, possibilitará a redução dos níveis de estoque e do capital nele investido, viabilizando a compra de materiais que impactarão na atividade fim da oficina, a manutenção das turbomáquinas.

Uma melhoria no desenvolvimento do trabalho seria a análise dos materiais para todos os fornecedores de peças de reposição da oficina e também, o diagnóstico em relação a criticidade, conforme método AHP, para outras classes, a fim de decidir sobre a estocagem ou não do item. Tal fato, retiraria a subjetividade de algumas decisões, como por exemplo, a de

não estocar materiais que possuíram apenas uma movimentação de consumo durante o período de cinco anos.

A movimentação dos estoques é bastante dinâmica, e, portanto, modificações com relação as decisões acertadas neste estudo podem ocorrer. O acompanhamento periódico do histórico de consumo dos materiais e da demanda futura faz-se necessário para manter políticas de ressuprimento consistentes. Um desdobramento deste estudo seria a simulação dos parâmetros de ressuprimento diante das políticas de reposição propostas, considerando a redução dos custos e aumento da disponibilidade (nível de serviço adequado).

O tema abordado neste trabalho, gestão de estoques de peças de reposição ou itens MRO, é pouco presente na literatura e, portanto, sua exploração, principalmente em relação a estudos práticos é importante para o enriquecimento do assunto. O presente estudo visou contribuir para o desenvolvimento desta área de conhecimento, principalmente no foco empresarial.

REFERÊNCIAS

- BACCHETTI, A.; SACCANI, N. Spare parts classification and demand forecasting for stock control: Investigating the gap between research and practice. **Omega**, v. 40, n. 6, p. 722-737, 2012.
- BACCHETTI, A. et al. Empirically-driven hierarchical classification of stock keeping units. **International Journal of Production Economics**, v. 143, n. 2, p. 263-274, 2013.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Boockman, 2006.
- BOTTER, R.; FORTUIN, L. Stocking strategy for service parts-a case study. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 20, n. 6, p. 656-674, 2000.
- BOYLAN, J. E.; SYNTETOS, A. A.; KARAKOSTAS, G. C. Classification for forecasting and stock control: a case study. **Journal of the operational research society**, v. 59, n. 4, p. 473-481, 2008.
- BRAGLIA, M.; GRASSI, A.; MONTANARI, R. Multi-attribute classification method for spare parts inventory management. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 10, n. 1, p. 55-65, 2004.
- CALDAS, M. A. F.; DE ASSIS MEDEIROS, F. Gestão de estoques de materiais e equipamentos para manutenção, reparo e operações—mro—na indústria intensiva em capital: um estudo de caso. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 38., 2006, Goiânia. **Anais do SBPO**. Rio de Janeiro: SOBRAPO, 2006. p. 975-983.
- CAVALIERI, S. *et al.* A decision-making framework for managing maintenance spare parts. **Production planning & control**, v. 19, n. 4, p. 379-396, 2008.
- CORREA, H. L.; DIAS, G. P. P. De volta à Gestão de Estoques: as técnicas estão sendo usadas pelas empresas?. In: SIMPOI Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, 1998, São Paulo. **Anais do I SIMPOI 1998**, 1998.
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção: MRP II/ERP: conceitos, uso e implantação**. 5. Ed. – 3. Reimpr. São Paulo: Atlas, 2009.
- DA SILVA, G. L. C. **Modelo de Estoque para Peças de Reposição Sujeitas à Demanda Intermitente e Lead Time Estocástico**. 2009. 75 f. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- DUCHESSI, P.; TAYI, G. K.; LEVY, J. B. A conceptual approach for managing of spare parts. **International Journal of Physical Distribution & Materials Management**, v. 18, n. 5, p. 8-15, 1988.
- EAVES, A. H. C.; KINGSMAN, B. G. Forecasting for the ordering and stock-holding of spare parts. **Journal of the Operational Research Society**, v. 55, n. 4, p. 431-437, 2004.

FIGUEIREDO, K. A logística do pós-venda. **Revista Tecnológica**, v. 8, n. 80, 2002.

FIGUEIREDO, K. F.; FLEURY, P. F.; WANKE, P. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento do fluxo de produtos e dos recursos**. São Paulo: Atlas, 2010.

GAJPAL, P. P.; GANESH, L. S.; RAJENDRAN, C. Criticality analysis of spare parts using the analytic hierarchy process. **International Journal of Production Economics**, v. 35, n. 1, p. 293-297, 1994.

GARCIA, E.; LACERDA, L.; AROZO, R. Gerenciando incertezas no planejamento logístico: o papel do estoque de segurança. **Revista Tecnológica**, v. 63, p. 36-42, 2001.

HUISKONEN, J. Maintenance spare parts logistics: Special characteristics and strategic choices. **International journal of production economics**, v. 71, n. 1, p. 125-133, 2001.

JOUNI, P.; HUISKONEN, J.; PIRTTILÄ, T. Improving global spare parts distribution chain performance through part categorization: A case study. **International Journal of Production Economics**, v. 133, n. 1, p. 164-171, 2011.

LUSTOSA, L. *et al.* **Planejamento e controle da Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

MANZINI, R. *et al.* **Maintenance for Industrial Systems**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2010.

MARTINS, P. G.; ALT, P. R. C. **Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

MEGGS, P. W. **A systematic approach to internal spare parts management**. 2014. 57 f. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Administração e Mestrado em Ciência da Engenharia de Sistemas) - MIT Sloan School of Management and the Engineering Systems Division, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, 2014

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Revista Produção**, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.

MIGUEL, P. A. C. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MIKALSEN, M. M. Managing the demand for spare parts. **Implement Consulting Group**, [S.l.], [2012]. Disponível em: <http://implementconsultinggroup.com/inspiration/articles/managing-the-demand-for-spare-parts.html>. Acesso em: 18 jul. 2015.

OLIVEIRA, V. M. **Gestão de Estoque MRO em uma Fábrica de Rolamentos**. 2013. 101 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

OLIVEIRA, F. C. **Dimensionamento de Estoques de itens de manutenção na indústria petroquímica: um estudo de caso por meio de simulação**. 2006. 153 f. Tese de Mestrado.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

POZO, H. **Administração de recursos materiais e patrimoniais: uma abordagem logística**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

SAATY, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. **European journal of operational research**, v. 48, n. 1, p. 9-26, 1990.

SAGGIORO, E.; LACERDA, L.; AROZO, R. Gerenciando Incertezas no Planejamento Logístico: O Papel do Estoque de Segurança. **Revista Tecnológica**, fev. 2001

SAGGIORO, E.; MARTIN, A.; LARA, M. Gestão de estoques MRO: otimizando a logística de peças de reposição. **Revista Mundo Logística**, São Paulo, v. 1, n. 4, p. 6-10, 2008.

SANDVIG, J. C.; ALLAIRE, J. J. Vitalizing a service parts inventory. **Production and Inventory Management Journal**, v. 39, n. 1, p. 67, 1998.

SHARAF, M. A.; HELMY, H. A. A classification model for inventory management of spare parts. In: International Conference on Production, Industrial Engineering, Design and Control-pedac. 7., 2001.

SHERBROOKE, C. C. METRIC: A multi-echelon technique for recoverable item control. **Operations Research**, v. 16, n. 1, p. 122-141, 1968.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SYNTETOS, A. A.; BOYLAN, J. E.; CROSTON, J. D. On the categorization of demand patterns. **Journal of the Operational Research Society**, v. 56, n. 5, p. 495-503, 2005.

VAN KAMPEN, T. J.; AKKERMAN, R.; VAN DONK, D. P. SKU classification: a literature review and conceptual framework. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 32, n. 7, p. 850-876, 2012.

WANG, N. C.; KANG, R. Analyzing of spares inventory management policy based on the analytic hierarchy process. In: ESREL2007 (European Safety and Reliability Conference), 18., 2007, Londres. **Anais**. Londres: Taylor & Francis Group, 2007. p. 2037-2043.

WANKE, P. **Gestão de estoques na cadeia de suprimento: decisões e modelos quantitativos**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

WANKE, P. Quadro conceitual para gestão de estoques: enfoque nos itens. **Gest. Prod.** São Carlos, v. 19, n. 4, p. 677-687, 2012.

WILLIAMS, T. M. Stock control with sporadic and slow-moving demand. **Journal of the Operational Research Society**, v. 35, n. 10, p. 939-948, 1984.

APÊNDICE A – Tabela para desenvolvimento do método AHP

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	Os dois elementos contribuem de forma igual para o objetivo
3	Importância moderada de um em relação ao outro	Experiências e opiniões favorecem levemente um elemento em relação ao outro
5	Importância forte	Experiências e opiniões favorecem fortemente um elemento em relação ao outro
7	Importância muito forte	Experiências e opiniões favorecem muito fortemente um elemento em relação ao outro
9	Extrema importância	Experiências e opiniões favorecem ao máximo possível um elemento em relação ao outro

CRITÉRIOS	LEAD TIME	PREÇO	REPARO	IMPACTO DA FALTA
LEAD TIME	1			
PREÇO		1		
REPARO			1	
IMPACTO DA FALTA				1

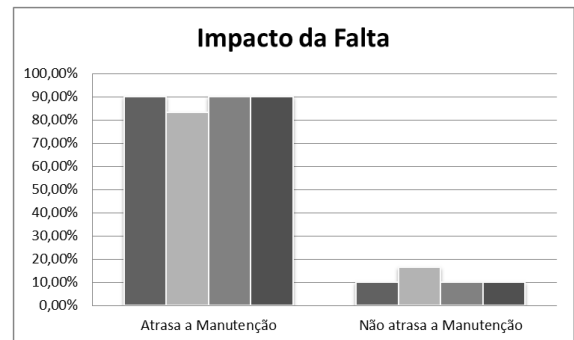
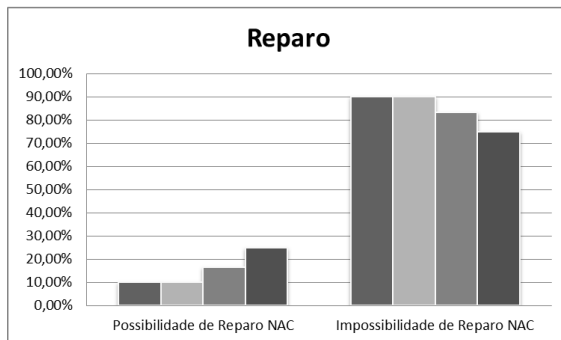
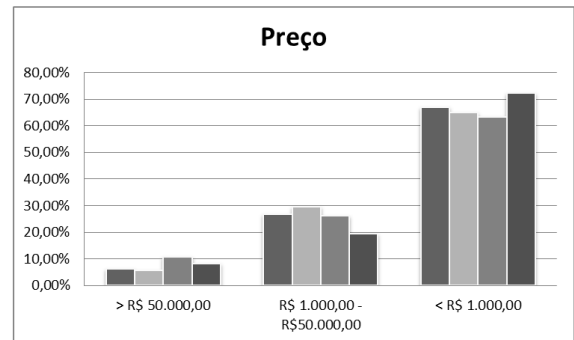
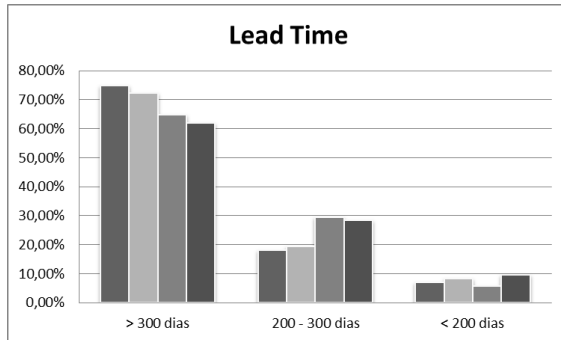
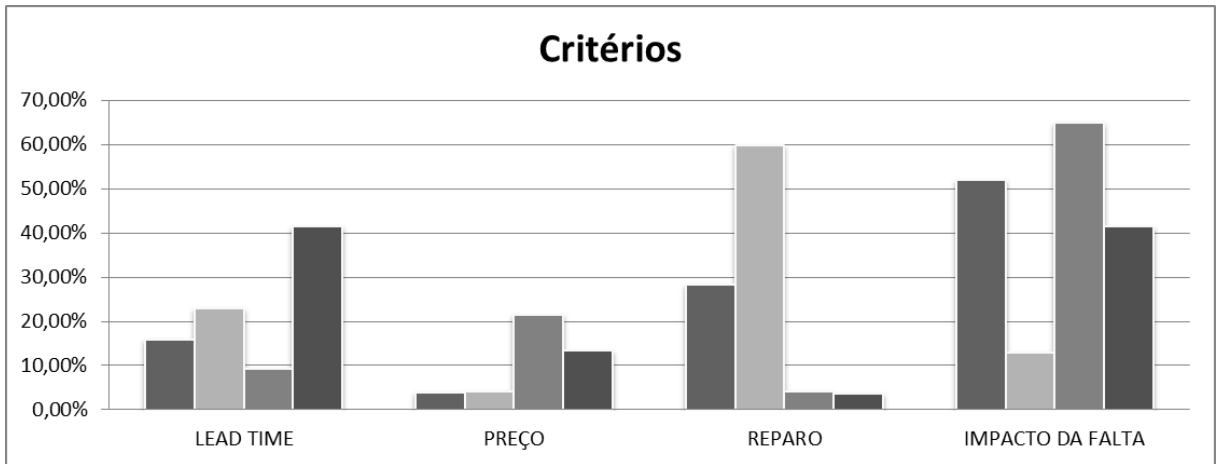
LEAD TIME	> 300 dias	200 - 300 dias	< 200 dias
> 300 dias	1		
200 - 300 dias		1	
< 200 dias			1

PREÇO	> R\$ 50.000,00	R\$ 1.000,00-R\$50.000,00	< R\$ 1.000,00
> R\$ 50.000,00	1		
R\$ 1.000,00 - R\$50.000,00		1	
< R\$ 1.000,00			1

REPARO	Possibilidade de Reparo NAC	Impossibilidade de Reparo NAC
Possibilidade de Reparo NAC	1	
Impossibilidade de Reparo NAC		1

IMPACTO DA FALTA	Atrasa a Manutenção	Não atrasa a Manutenção
Atrasa a Manutenção	1	
Não atrasa a Manutenção		1

APÊNDICE B – Matrizes de Comparação para critérios e alternativas



APÊNDICE C – Árvore de Decisão itens Estocáveis ou Sob Demanda

