PROJETO DE GRADUAÇÃO

GESTÃO DE ESTOQUE DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE MOTOS ELÉTRICAS

Por,
Juliana Veras Solon

Brasília, 12 de maio de 2021.

UNIVERSIDADE DE BRASILIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

UNIVERSIDADE DE BRASILIA
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

PROJETO DE GRADUAÇÃO

GESTÃO DE ESTOQUE DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE MOTOS ELÉTRICAS

POR,

Juliana Veras Solon

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção
do grau de Engenheiro de Produção

Banca Examinadora

Profa. Viviane Vasconcellos Ferreira Grubisic, UnB/ EPR(Orientadora) _____

Profa. Simone Borges Simão Monteiro, UnB/ EPR _____

Eng. Alexandre Crepory Abbott de Oliveira _____

Brasília, 12 de maio de 2021

Dedicatória

A minha família, ao meu curso de graduação, aos meus amigos e amigas que me apoiaram desde o início.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a minha professora orientadora Viviane Grubisic quem me apoiou tanto academicamente como emocionalmente durante todo o processo de construção do meu Projeto de Graduação.

Além disso, agradeço à toda a minha família e a minha amiga Larissa Chagas que estiveram sempre presentes auxiliando esta minha jornada.

E por fim, mas, e não menos importante, agradeço a Deus por me proporcionar toda a saúde e estrutura.

"Em seu coração, a engenharia é sobre usar a ciência para encontrar soluções criativas e práticas. É uma profissão nobre".

Rainha Elizabeth II

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma proposta de gestão de estoque de peças de reposição para uma empresa do setor automotivo, mais precisamente, uma organização que desenvolve, produz e loca motos elétricas. Tal empresa ainda está em processo de estruturação de seus processos e inserção no mercado. Atualmente, a empresa enfrenta problemas relacionados a gestão de estoque, principalmente no que tange ao estoque de peças de reposição, como: falta de informações concretas para determinação da programação das atividades de manutenção, falta de planejamento das compras de peças de reposição, o que gera a necessidade da realização de compras extras, aumentando-se os custos dispendidos, e atrasos no tempo de reparo das motos. Tais fatores tornam o processo de gestão de estoque de peças de reposição desestruturado. Sendo assim, o trabalho em questão foi realizado com o intuito de aprimorar a gestão de estoque de peças de reposição de tal empresa, a fim de melhorar o planejamento das atividades de manutenção em termos de prazo e custos. Primeiramente, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os principais conceitos relacionados ao tema de gestão de estoque para peças de reposição e manutenção. Logo após, tem-se a metodologia de pesquisa adotada. A abordagem do estudo é qualitativa, natureza aplicada, e objetivo exploratório. O estudo de caso contemplou procedimentos para a coleta, análise e validação de dados. Posteriormente, a proposta de gestão de estoque de peças de reposição foi elaborada. Por fim, conclusões sobre o estudo e indicação de trabalhos futuros são apresentados. A proposta de gestão de estoque formulada, contempla dois pontos principais: (i) a integração dos *softwares*; e (ii) o aprimoramento do registro de informações referentes ao estoque de peças de reposição. Estes dois pontos abrangem mudanças tanto na forma como o estoque é fisicamente organizado, como na forma atual de trabalho dos funcionários, principalmente referente às atividades de retirada de produtos do estoque, onde é proposto um questionário de saída de peças. Tendo isso em vista, a presente proposta poderá ser aplicada na empresa com o objetivo de identificar e implementar melhorias contínuas. Além disso, espera-se que a proposta possa ser expandida e customizada para a gestão de estoque de peças gerais e não apenas àquelas destinadas à manutenção da moto elétrica.

Palavras-chave: Gestão de estoque, peças de reposição, manutenção, setor automotivo.

ABSTRACT

The present work presents a proposal for the management of spare parts inventory for a company in the automotive sector, more precisely, an organization that develops, produces and realizes the rental of electric motorcycles. Which is still in the process of structuring its processes and entering the market. Currently, the company faces problems related to inventory management, especially with regard to the stock of spare parts, such as: lack of concrete information to determine the period of scheduled maintenance, lack of planning for the purchase of spare parts, which generates the need to make extra purchases, increasing the costs spent, and delays in the repair time of the electric motorcycles. Such factors make the spare parts inventory management process unstructured. Therefore, this study was carried out in order to improve the management of spare parts stock of such company, in order to improve the planning of maintenance activities in terms of time and costs. First, a bibliographic review was carried out on the main concepts related to the theme of stock management for spare parts and maintenance. Soon after, it is exposed the research methodology adopted. The study approach is qualitative, the nature is applied, and the objective is exploratory. The case study included procedures for data collection, analysis and validation. Subsequently, the spare parts inventory management proposal was prepared. Finally, conclusions about the study and indication of future studies are presented. The stock management proposal formulated contemplates two main points: (i) the integration of softwares; and (ii) the improvement of the information registration regarding the stock of spare parts. These two points cover changes both in the way the stock is physically organized, as well as in the current form of employees' work, mainly regarding the activities of removing products from the stock, where a questionnaire for the exit of parts is proposed. With this in mind, the present proposal can be applied in the company with the objective of identifying and implementing continuous improvements. In addition, it is expected that the proposal can be expanded and customized for the management of stock of general parts and not just those destined to the maintenance of the electric motorcycle.

Keywords: Inventory management, spare parts, maintenance, automotive sector.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS 10
LISTA DE QUADROS 11
LISTA DE TABELAS 12
1. INTRODUÇÃO 13
1.1 OBJETIVO GERAL 14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 15
1.3 LIMITAÇÕES DE PESQUISA 15
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO 15
2. REFERENCIAL TEÓRICO 16
2.1 MANUTENÇÃO 16
2.1.1 Definição 16
2.1.2 Tipos de manutenção 17
2.1.3 Evolução da manutenção 19
2.1.4 Peças de reposição 22
2.2 ESTOQUE 22
2.2.1 Definição 22
2.2.2 Gestão de estoque 23
2.2.3 Custos associados ao estoque 23
2.2.4 Custos de estoque de peças de reposição 25
2.2.5 Disponibilidade de estoque 27
2.2.6 Demanda 29
2.2.7 Demanda de Peças de reposição 30
2.2.8 Política de reposição 32
2.2.9 Curva ABC 34
2.2.10 Nível de serviço e Classificação de peças 35
2.3 MANUTENÇÃO, REPARO E OPERAÇÕES (MRO) 36
2.4 MODELOS PARA GESTÃO DE ESTOQUE DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO 38
3. METODOLOGIA DE PESQUISA 45
4. DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO DE CASO 49
4.1 PROTOCOLO DE PESQUISA 49
4.1.1 Construção e Aprimoramento 49
4.2 COLETA DE DADOS 50
4.2.1 Questionário 50
4.2.2 Análise documental 50

4.2.3 Visita *in loco* e *in modus operandis*.....52
4.3 ANÁLISE DE DADOS.....52
4.3.1 Questionário.....52
4.3.1 Análise documental.....55
4.3.1.1 Notion.....55
4.3.1.2 Tiny ERP.....55
4.3.1.3 Bsoft.....56
4.3.1.4 Google Drive.....57
4.3.1.5 Gestor de frotas.....57
4.3.2 Visita *in loco* e *in modus operandis*.....57
4.4 CONSTRUÇÃO DE PROPOSTA.....58
4.4.1 Integração de *softwares* para Gestão do estoque de peças de reposição.....58
4.4.2 Registro de informações para tomadas de decisões futuras sobre o estoque de peças de reposição.....62
5. CONCLUSÕES.....66
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....68
7. APÊNDICES.....71
Apêndice I Protocolo de Pesquisa.....71
Apêndice II Mapeamento Integração de Softwares total.....77
Apêndice III Mapeamento Integração de Softwares segregado.....78
Apêndice IV Questionário de retirada / devolução do estoque.....81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Peculiaridades da gestão de MRO. 13
Figura 2. Resultados x Tipo de Manutenção. 18
Figura 3. Fases da evolução da manutenção. 19
Figura 4. Compensação dos custos relevantes de estoque com a quantidade pedida. 24
Figura 5. Manutenção: Período de operação x Custos. 26
Figura 6. Curva da banheira. 31
Figura 7. Modelagem de parâmetros do Modelo de RC. 32
Figura 8. Modelagem de parâmetros do Modelo de RP. 33
Figura 9. Conceito de Curva ABC. 35
Figura 10. Custo total semanal esperado em termos do pedido e dos intervalos de MP. 39
Figura 11. Sinal de degradação baseado em vibração. 40
Figura 12. Modelo Conceitual I2M2SC. 41
Figura 13. Condução da Pesquisa. 46
Figura 14. Modelo de planilha de fornecedores. 63
Figura 15. Modelo de Relatório de Manutenção. 64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Conceitos de Manutenção ABNT (NBR 5462, 1994). 18
Quadro 3. Princípios do modelo de disponibilidade MTA. 28
Quadro 4. Classificações de itens e níveis de serviço. 36
Quadro 5. Modelos de Gestão de estoque de peças de reposição versus elementos considerados. 43
Quadro 6. Tipos de pesquisa. 45
Quadro 7. Etapas da pesquisa. 46
Quadro 8. Método de coleta de dados x Aplicação. 49
Quadro 9. Funcionários entrevistados. 49
Quadro 10. *Softwares* utilizados pela empresa x Finalidade. 51
Quadro 11. Resultados da aplicação do questionário. 52
Quadro 12. Classificação ABC das peças de reposição. 59
Quadro 13. Determinação de níveis de serviço. 60
Quadro 14. Classificação de peças de reposição e níveis de serviço. 60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Interpretações do parâmetro ɣ da distribuição de Weibull.....30

1. INTRODUÇÃO

A Gestão de estoque é um elemento gerencial essencial na administração para a competividade das empresas (CORREA; CORREA, 2007). A gestão do estoque para peças utilizadas na manutenção de equipamentos e produtos, também denominadas de peças de reposição, auxilia no controle da entrega dos serviços prestados pela manutenção, tornando ágil o atendimento ao cliente (OLIVEIRA, et al., 2018).

Segundo Lima (2017), em organizações de diversos ramos da indústria, a maior parte dos custos associados ao estoque referem-se ao estoque de peças de reposição. Nas empresas do setor automotivo, os custos anuais de oportunidade, armazenagem, depreciação, seguro e movimentação de tais peças representam entre 25 e 35% do valor contábil total do estoque (CAMPOS; REZENDE, 2013).

Isto ocorre, pois, os componentes para MRO (Manutenção, Reparo e Operações) possuem características e perfis de demanda peculiares e distintos das demais peças utilizadas na produção, o que dificulta os cálculos e a definição dos elementos que afetam os estoques, tornando custosa e complexa a gestão de tal setor (LARA; RODRIGUES, 2012).

Campos e Rezende (2013) expõem algumas das particularidades sobre peças de reposição, como: criticidade para operação (custo da falta), baixa oferta e poucos fornecedores qualificados, imprevisibilidade da demanda, altos prazos de entrega ou *Lead Time* e baixo giro de estoque (Fig.1). Além disso, os tratamentos utilizados para outros tipos de peças, como as utilizadas para a produção, demonstram baixa aderências às situações reais de peças de reposição pois tendem a determinar estoques maiores ou menores do que o necessário.

Figura 1. Peculiaridades da gestão de MRO.
Fonte: Campos e Rezende (2013).

Ademais, a área de planejamento de estoques como um todo é uma das que possuem mais interfaces externas dentro da cadeia de suprimentos, pois se situa no meio da mesma, o que também é válido para o planejamento dos estoques de MRO. Algumas das principais atividades que podem ser evidenciadas são: cadastro de materiais, realização de compras, organização do armazém, projetos de identificação de produtos inservíveis e revisão de criticidade de itens. Para que a gestão de estoque seja efetuada de forma eficiente, as áreas que abrangem tais atividades necessitam de um alinhamento contínuo (LARA; RODRIGUES, 2012).

Empresas em que os custos dispendidos com manutenção fazem parte de uma porcentagem considerável dos custos totais do negócio, buscam um controle de estoque de peças de reposição efetivo (CAMPOS; REZENDE, 2013). Muitas delas possuem analistas especializados em pesquisar oportunidades na redução dos estoques e aumento do nível de serviço. Para isso, normalmente utilizam *softwares* habilitados para lidar com questões pertinentes no ambiente de MRO, foco deste trabalho, tais como: baixa previsibilidade, inconsistência dos históricos, alto tempo de reposição envolvido nas transações e alto custo dos materiais. Isto é válido pois mesmo que a gestão desse tipo de estoque seja custosa e possua peculiaridades, se realizada da forma correta, proporciona retornos financeiros significativos e uma abordagem diferenciada no quesito de tomada de decisão (LARA; RODRIGUES, 2012).

A empresa em que o estudo de caso é aplicado encontra-se no ramo do setor automotivo e possui como suas principais atividades o desenvolvimento, a produção e a locação de motos elétricas. Dentre seus maiores desafios, encontram-se a baixa previsão da periodicidade das manutenções programadas e a inexistência de um planejamento para as compras de peças de reposição. Tais fatores ocasionam a falta de peças de reposição para a execução das atividades de manutenção, necessidade de realização de compras extras e atrasos nos prazos estipulados aos clientes para a manutenção das motos.

Sendo assim, em frente a tais dificuldades e ciente dos benefícios que a gestão de estoques de MRO pode proporcionar, motivou-se em realizar um estudo de caso no tema abordado.

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma proposta de gestão de estoque de peças de manutenção para uma empresa de motos elétricas, a fim de contribuir para a redução de custos com estoque e o aumento da disponibilidade das motos elétricas.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos contemplam o que deve ser feito para que o objetivo geral exposto seja atingido. Dessa forma, são:

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre os conceitos relacionados a gestão de estoque de peças de reposição;
- Identificar os principais elementos a serem considerados na Proposta desenvolvida;
- Realizar análise da atual gestão de estoque da empresa em que o estudo será aplicado, com o intuito de desenvolver uma proposta condizente com a realidade de produção da mesma;
- Propor sugestões de melhorias na gestão de estoque atual da empresa.

1.3 LIMITAÇÕES DE PESQUISA

A Gestão de estoque é um tema amplo e, por isso, deve ser especificadamente implementada de acordo com o ramo de atuação da empresa (OLIVEIRA, 2005). Tendo isso em vista, a pesquisa realizada no presente trabalho limita-se a uma empresa do ramo automotivo, a qual desenvolve, produz e realizada a locação de motos elétricas. Sendo importante ressaltar que tal empresa, por ainda estar em processo de inserção no mercado, solicitou sigilo quanto a seu nome e demais informações. Dessa forma, para a denominação no discorrer do presente trabalho será o utilizado o nome de “Empresa X”.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O primeiro capítulo refere-se à introdução. O segundo, diz respeito a revisão bibliográfica, que dará base para a elaboração da proposta do objetivo geral.

O terceiro, aborda a metodologia de pesquisa, apresentando os métodos e os procedimentos que serão seguidos para que a pesquisa seja realizada.

O quarto, refere-se ao desenvolvimento do trabalho, tomando como base os dois capítulos anteriores, os quais proporcionam conhecimento e planejamento, respectivamente, para a elaboração da proposta.

Por fim, o último capítulo aborda as conclusões e considerações finais provindas de todo o estudo realizado nos capítulos anteriores.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesse capítulo são apresentados os principais conceitos que fundamentam o desenvolvimento do presente trabalho. O capítulo inicia com a definição de manutenção e os principais conceitos que a compõem. Posteriormente, aborda o conceito de estoque explicitando os principais elementos e modelos considerados relevantes para aplicação na gestão de estoque de peças de manutenção.

2.1 MANUTENÇÃO

2.1.1 Definição

Segundo Kardec e Nascif (2009), o conceito de manutenção foi, por muito tempo compreendido como o setor responsável por reconstituir as condições dos equipamentos ou sistemas quando esses tivessem de uma forma diferente da sua, original. Todavia, esse conceito ficou ultrapassado, sendo a missão da manutenção compreendida como:

"Garantir a confiabilidade e a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender um processo de produção ou serviço, com segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados" (KARDEC; NASCIF, 2009).

Tendo isso em vista, a ABNT (NBR 5462,1994) ao estabelecer conceitos relevantes para o discernimento do campo de conhecimento da manutenção, define os seguintes termos:

(i) Manutenção: combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.

(ii) Confiabilidade: capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo.

(iii) Disponibilidade: capacidade de um item estar em condições de executar uma certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, mantenabilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados.

(iv) Mantenabilidade: capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos.

(v) Política de manutenção: inter-relações entre os escalões de manutenção, os níveis de intervenção e os níveis de manutenção a serem aplicados para a manutenção de um item.

Segundo, Jiang, Chen e Zhou (2015), a manutenção depende diretamente da disponibilidade de peças para sua execução, denominadas peças de reposição, para que possa reduzir o tempo de inatividade dos equipamentos e permitir que o sistema desempenhe as funções previstas para o mesmo. Entretanto, ao tomar decisões referentes a manutenção dentro de uma empresa, os responsáveis se deparam com diversos problemas, tais como: má condição e uso das peças de reposição, volume incorreto de estoque das peças de reposição e relação inadequada entre a manutenção implementada (tipo, política e modelo) e o inventário de tais peças.

Frazzon, Silva e Pires (2016) explicitam que a manutenção é essencial para a atual produção das empresas, pois uma vez realizada de forma inadequada pode ocasionar quebras de equipamentos, paradas no processo produtivo e efeitos negativos no negócio, principalmente no que tange a área financeira.

2.1.2 Tipos de manutenção

Kardec e Nascif (2009) explicitam que os tipos de manutenção, se forem definidos pela gerência e baseados em dados técnico-econômicos, podem ser compreendidos também como políticas de manutenção. Eles abordam seis principais tipos de manutenção, os quais inter-relacionam-se de acordo com os resultados que geram (disponibilidade, confiabilidade, segurança e meio ambiente) bem como com os custos dispendidos e a maturidade de implementação de manutenção em uma empresa. São eles:

(i) Manutenção Corretiva (MC): ocorre quando há a necessidade de corrigir uma falha ou um desempenho menor do que aquele predeterminado. Pode ser subdividida em outras duas categorias: corretiva não planejada e corretiva planejada; que se diferenciam, basicamente, pela forma da correção da falha, a qual pode ser, respectivamente, de forma aleatória ou devido a decisões gerenciais.

(ii) Manutenção Preventiva (MP): Atua de forma a prevenir falhas ou quedas no desempenho, não esperando a ocorrência de tais para realizar ações de manutenção, as quais são planejadas de acordo com intervalos definidos de tempo.

(iii) Manutenção Preditiva (MPD): baseia-se em sistemas que possibilitam o monitoramento de parâmetros de equipamentos ou produtos em operação ou uso. A base da MPD está na predição das condições dos equipamentos sem que esses tenham que parar de operar, de forma a identificar uma falha potencial ou

diminuição no desempenho e, assim, programar ações de manutenção que evitem a parada do equipamento ou produto.

(iv) Manutenção Detectiva (MD): foca na detecção das falhas em sistemas de proteção, comando e controle não perceptíveis a equipe de manutenção. Tais falhas são denominadas de falhas ocultas.

(v) Engenharia de manutenção (EM): é um conjunto de práticas de todos os outros tipos de manutenção que busca a consolidação da rotina e implementação de melhoria contínua da manutenção, garantindo, dessa forma, o aumento da confiabilidade, disponibilidade e mantenabilidade de equipamentos e produtos.

A Figura (2) representa os tipos de manutenção e a relação com os conceitos de disponibilidade, confiabilidade, segurança e meio ambiente.

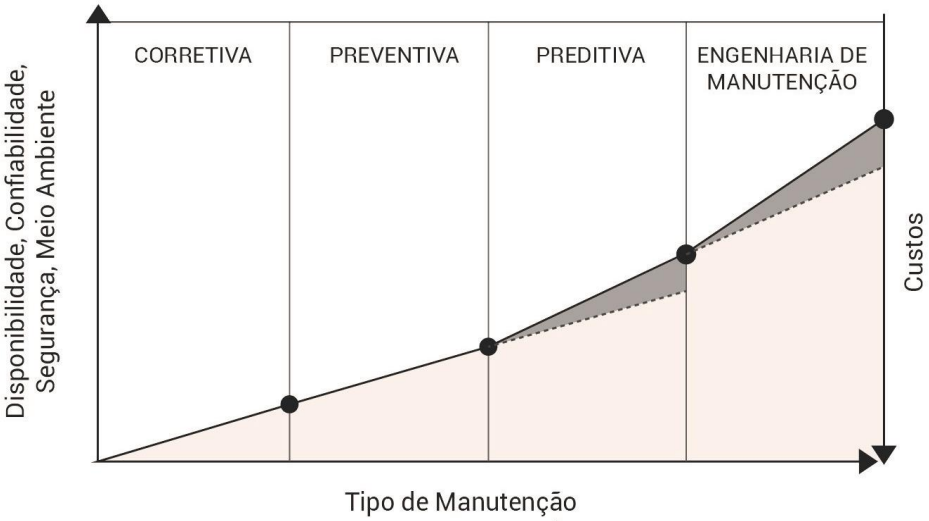


Figura 2. Resultados x Tipo de Manutenção.
Fonte adaptada: Kardec e Nascif (2009).

A ABNT (NBR 5462, 1994), além de definir os tipos de manutenção, apresenta alguns termos relevantes para o entendimento de tal classificação, conforme mostrado no Quadro (1).

Quadro 1. Conceitos de Manutenção ABNT (NBR 5462, 1994).

Conceito	Definição
Manutenção corretiva	Manutenção efetuada após a ocorrência de uma falha destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.
Manutenção deferida	Manutenção corretiva que não é iniciada imediatamente após a detecção da falha, mas é retardada de acordo com certas regras de manutenção.
Manutenção preventiva	Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.
Manutenção controlada ou Manutenção preditiva	Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir manutenção preventiva e a manutenção corretiva.

Fonte: Autoria própria (2021).

BSI (BS EN 13306, 2017) também considera os tipos distintos de manutenção existentes como exposto no Quadro (2).

Quadro 2. Conceitos de manutenção BSI (BS EN 13306, 2017).

Conceito	Definição
Manutenção corretiva	Manutenção executada por meio da constatação de uma falha. Possui o intuito de reparar um elemento para que ele possa executar a sua função.
Manutenção corretiva deferida	Manutenção corretiva que não é realizada imediatamente após a detecção de uma falha, devido ao fato de existirem regras específicas que impedem a ação imediata.
Manutenção corretiva imediata	Manutenção corretiva realizada imediatamente após a detecção da falha.
Manutenção preventiva	Manutenção realizada com o objetivo de avaliar, mitigar a degradação e reduzir a probabilidade de falha de um item. Realizada de acordo com intervalos de tempo ou número de unidades de uso estabelecidos, mas sem investigação prévia da condição.
Manutenção preditiva	Manutenção baseada em condições, realizada de acordo com a previsão de análises repetidas ou características conhecidas e avaliação dos parâmetros significativos da degradação do item.
Manutenção on-line	Manutenção realizada no item enquanto ele está em operação e sem impacto no seu desempenho.

Fonte: Autoria própria (2021).

2.1.3 Evolução da manutenção

De acordo com Kardec e Nascif (2009), a história da manutenção pode ser dividida em cinco fases: quatro delas concluídas e uma em processo de desenvolvimento. A Figura (3) resume os quatro primeiros períodos de evolução da manutenção.

EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO				
ANO	Primeira Geração 1940 – 1950	Segunda Geração 1960 – 1970	Terceira Geração 1980 – 1990	Quarta Geração 2000 – 2010
Aumento das expectativas em relação à Manutenção	- Conserto após a falha.	- Disponibilidade crescente. - Maior vida útil do equipamento.	- Maior confiabilidade - Maior disponibilidade - Melhor relação custo-benefício -Preservação do meio ambiente	- Maior confiabilidade - Maior disponibilidade - Preservação do meio ambiente - Segurança - Influir nos resultados do negócio - Gerenciar os ativos
Visão quanto à falha do equipamento	- Todos os equipamentos se desgastam com a idade e, por isso, falham.	- Todos os equipamentos se comportam de acordo com a curva da banheira.	- Existência de 06 padrões de falhas.	- Reduzir drasticamente falhas prematuras dos padrões.
Mudança nas técnicas de Manutenção	- Habilidades voltadas para o reparo.	- Planejamento manual da manutenção. - Computadores grandes e lentos. - Manutenção Preventiva. (por tempo)	- Monitoramento da condição. - Manutenção Preditiva. - Análise de risco. - Computadores pequenos e rápidos. - Softwares potentes . - Grupos de trabalho multidisciplinares. - Projetos voltados para a confiabilidade.	- Aumento da Manutenção. Preditiva e Monitoramento da Condição. - Minimização nas Manutenções Preventiva e Corretiva não planejadas. - Análise de Falhas. - Técnicas de confiabilidade - Manutenibilidade. - Projetos voltados para confiabilidade, manutenibilidade e Custo do Ciclo de Vida. - Contratação por resultados.

Figura 3. Fases da evolução da manutenção.
Fonte adaptada: Kardec e Nascif (2009).

A primeira geração ocorreu no período anterior a Segunda Guerra Mundial, onde a indústria era pouco mecanizada e os equipamentos simples. Por isso, a produtividade ainda era vista como segundo plano para a empresa. Dessa forma, a manutenção era basicamente corretiva não planejada, tendo-se em mente, na época, que: "o desgaste dos equipamentos era algo inevitável, todos eles, com o passar do tempo, sofreriam falhas ou quebras" (KARDEC; NASCIF, 2009). Assim sendo, a preocupação girava em torno da busca por um responsável pela manutenção que apenas soubesse executar, de forma eficaz, o reparo dos equipamentos.

A segunda geração da manutenção aconteceu após a Segunda Guerra Mundial. Devido à pressão por mais produtos industriais, em contrapartida, a diminuição da mão de obra, começou-se a valorizar a produtividade, bem como a confiabilidade dos equipamentos. Tal fato, fez surgir o pensamento de que as falhas nos equipamentos poderiam ser evitadas, gerando, assim, o conceito de MP. Começou-se também a considerar os gastos despendidos com a manutenção e a compará-los com outros gastos operacionais, fazendo com que a manutenção fosse enxergada como um sistema, o qual deve ser planejado e controlado. O planejamento da manutenção era executado de forma manual e os computadores utilizados, volumosos e lentos. Aumentou-se, também a preocupação em relação a análise da vida útil dos equipamentos, visto o maior gasto despendido com a manutenção dos mesmos.

A terceira geração da manutenção ocorreu após a década de 70, e nela começou-se a valorizar ainda mais a questão da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos. Iniciou-se a preocupação com o meio ambiente, a execução de trabalhos com equipes multidisciplinares e análises de custo-benefício, em relação a necessidade de preservação da função do equipamento em razão das prioridades de utilização ou produção; e de riscos de falhas.

Além disso, surgiu-se a ideia da MPD tomando como base o monitoramento da condição dos componentes, e aumentou-se o conceito de manutenção sistemática através da evolução da tecnologia, a qual disponibilizou *softwares* e computadores mais eficientes que apoiassem o planejamento e o controle dos serviços de manutenção. Entretanto, mesmo com esses avanços, existia uma lacuna no que tange a interação entre os setores de operações, engenharia e manutenção, limitando os proveitos tirados com tal desenvolvimento.

A quarta geração sucedeu-se após a década de 90 e, nela consagraram-se ainda mais os conceitos de confiabilidade, disponibilidade, e responsabilidade ambiental, adicionando a esses a preocupação com a segurança e o gerenciamento de ativos. No que tange a visão de falhas nos equipamentos, preocupou-se em reduzir as falhas prematuras identificadas em alguns dos padrões descobertos na fase anterior. Nela, ocorreram importantes mudanças técnicas de manutenção como: a execução de projetos que ressaltassem a disponibilidade, confiabilidade e mantenabilidade das atividades de manutenção, a análise do custo de ciclo de vida de uma planta

de fábrica, o estudo de falhas dos equipamentos, a diminuição das manutenções preventivas e corretivas não-planejadas e o aumento da MPD. Além disso, iniciou-se a implementação da terceirização da manutenção, com ênfase na mensuração dos resultados, efetuados por meio de indicadores que explicitassem, basicamente: confiabilidade e disponibilidade.

Por fim, Kardec e Nascif (2009) ressaltam uma nova geração, que ainda está em processo de desenvolvimento. Devido ao aumento da globalização e da competitividade entre as empresas, tal geração caracterizasse pela busca incessante de "*Unidades de Alta Performance*". Atividades de análise de equipamentos em termos de confiabilidade, custo, automatização, controle avançado, balanço ecológico, segurança, número de intervenções, qualidade dos produtos, flexibilidade operacional alinhada com otimização da utilização dos equipamentos, consumo energético, quantificação do uso de água e rendimento são consideradas.

Nesse contexto, com a introdução da Indústria 4.0, Santos (2019) expõe algumas mudanças na forma como a manutenção vem ocorrendo atualmente. A manutenção vem passando por atualizações referentes à informatização, com a inserção de *softwares* para gestão e automatização, os quais servem para minimizar a ocorrência de falhas humanas no gerenciamento e controladoria da manutenção. De forma resumida, as principais mudanças ocorridas na manutenção atual são:

(i) Previsão de falhas antecipadamente: a utilização de técnicas conjuntas como rastreabilidade, *Internet Of Things* (IoT), *Big Data*, D*ata Analytics* e *Cloud* (nuvem). Tais técnicas proporcionam uma maior eficácia na identificação e análise das falhas ainda no seu início, reduzindo a possibilidade de ocorrência de falhas funcionais (aquelas que impedem que o equipamento desenvolva sua função dentro do processo);

(ii) Elevação da produtividade da manutenção: técnicas como realidade aumentada, visão artificial e robô colaborativo, otimizam ou até eliminam as principais causas de improdutividade dos funcionários que trabalham na área;

(iii) Redução dos custos de manutenção: manufatura aditiva, previsão de falhas antecipadamente, técnicas avançadas de simulação e introdução de robôs reduzem o estoque de manutenção e os gastos com mão de obra;

(iv) Desenvolvimento técnico da equipe: métodos e processos tecnológicos que, de forma didática, dinâmica e interativa, possibilitam o desenvolvimento técnico e intelectual da equipe de manutenção.

2.1.4 Peças de reposição

Wang (2012) afirma que os produtos da manutenção são denominados de "peças de reposição", e existem para servir as operações de manutenção e substituição de itens.

Segundo Campos e Rezende (2013) tais peças podem ser classificadas em dois tipos distintos:

(i) Itens reparáveis: aqueles que podem ser recuperados, tanto em aspectos técnicos como em econômicos. São itens que sofreram alguma degradação que os tornou inativos para uso, entretanto, podem ser reparados de forma a restituir sua atividade e função, podendo ser novamente utilizados nos equipamentos; e

(ii) Itens não-reparáveis (consumíveis descartáveis): são itens novos que, após sua utilização e degradação, perdem sua função e não podem ser recuperados e utilizados novamente nos equipamentos.

2.2 ESTOQUE

2.2.1 Definição

"Inventário é um termo usado para descrever as acumulações de materiais, clientes ou informações à medida que fluem por meio de processos ou redes" (SLACK et al., 2016).

Por sua vez, estoque é um tipo de inventário físico, como, por exemplo, estoque de certos tipos de objetos: peças, componentes, produtos acabados ou registros de informações em forma de papel (SLACK et al., 2016).

Kennedy, Patterson e Fredendall (2002) definem três tipos distintos de estoque:

(i) Estoque em processo ou "*Work in Progress*" (WIP): aquele utilizado durante a execução das atividades dos processos de produção de forma a atenuar irregularidades em tais fluxos;

(ii) Estoque de produto final: refere-se ao estoque de produtos acabados, sendo uma fonte de produtos prontos e disponíveis para serem entregues aos clientes quando esses demandarem;

(iii) Estoque de manutenção ou de peças de reposição: possui a função de auxiliar a equipe a manter o equipamento ou produto em condições operacionais por meio da reposição de peças. Portanto, não se refere a elementos intermediários ou produtos finais a serem vendidos para um cliente.

A política de reposição de peças é um fator que diferencia o estoque de manutenção dos demais uma vez que tanto o estoque em processo como o de produto final podem ser aumentados ou diminuídos de acordo com diversos fatores: melhora da qualidade, alterações no

planejamento da produção, redução de prazos de entrega, e entre outros. Já o estoque de peças de reposição está diretamente interligado com a confiabilidade e estratégia de manutenção de determinado equipamento ou produto. Assim sendo, sua política de reposição é uma função da forma como um equipamento é usado e mantido, bem como a frequência com que deve ter uma peça substituída (KENNEDY; PATTERSON; FREDENDALL, 2002)

2.2.2 Gestão de estoque

> "A gestão dos estoques significa acompanhar o volume dos produtos estocados, suas movimentações, seus custos e os prazos de validade, significa ser capaz de prever e evitar as faltas, bem como identificar os excessos que podem resultar em perdas físicas ou provocar perdas financeiras" (OLIVEIRA, 2005, p.54).

Em vista disso, Oliveira (2005) afirma que o objetivo de uma gestão de estoque eficiente é planejar como deve ocorrer a reposição dos produtos, programar os pedidos de modo a manter um nível de estoque adequado, minimizando faltas. Para isso, gerenciar um estoque demanda a compreensão de dois principais fatores:

(i) Necessidade de ressuprimento periódico; e
(ii) Controle físico e contábil da movimentação dos produtos estocados.

Slack et al. (2016) afirma que gerenciar o estoque de uma empresa é de extrema importância, pois esse representa acúmulo de capital estacionado na organização. Minimizar os estoques pode ser uma boa opção, todavia, é preciso saber a melhor forma de fazer isto, pois reduzi-los em demasia pode ocasionar o não atendimento de pedidos de clientes e, consequentemente, a insatisfação deles.

Quanto a Gestão de estoque de peças de reposição, Frazzon, Silva e Pires (2016) demonstram que tais peças possuem peculiaridades que as distinguem das outras utilizadas na produção. Por isso, alguns fatores adicionais devem ser considerados em sua gestão, tais como:

(i) O alto volume de peças a serem gerenciadas, muitas delas com demanda pouco conhecida;
(ii) A alta responsabilidade exigida devido ao tempo de inatividade de uma máquina, caso uma peça de reposição esteja em falta;
(iii) O risco de estoque obsoleto; e
(iv) A crescente demanda por eficácia e eficiência devido ao mercado altamente competitivo.

A seguir, serão apresentados os principais elementos que devem ser considerados na Gestão de estoques de produtos em paralelo a, de peças de reposição.

2.2.3 Custos associados ao estoque

Ballou (2006) apresenta três principais custos associados ao estoque: (i) custos de aquisição; (ii) custos de manutenção e (iii) custos de falta de estoques. Tais custos são relevantes, pois definem a quantidade ideal que um produto deve ser pedido, para ser estocado, de forma com que os gastos sejam minimizados.

No caso dos custos de manutenção, esses crescem de forma inversa a somatória dos custos de aquisição e de falta de estoques, fazendo com que, graficamente, tais custos se interceptem em um ponto Q* que determina a quantidade ideal de ressuprimento de um produto no estoque, ou seja, a quantidade que minimiza o custo total gasto com determinado item.

Dessa forma, todos esses custos, somados, definem o custo total de um produto no estoque. A Figura (4) representa tal compensação e a somatória.

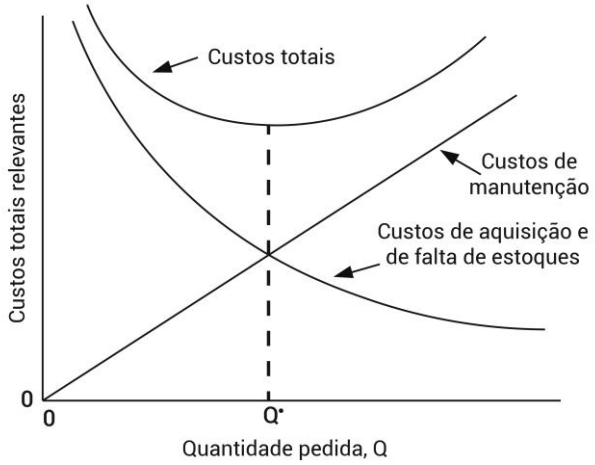


Figura 4. Compensação dos custos relevantes de estoque com a quantidade pedida.
Fonte adaptada: Ballou (2006).

Segundo o autor, os custos de aquisição são todos aqueles associados a compra de produtos estocados, como: custo de processamento; custo de preparação do processo de produção; custo de transmissão do pedido ao posto de suprimento; custo de transporte; e custo de pedido. Tais custos são significativos e devem ser tratados individualmente, pois podem variar, ou não, de acordo com a quantidade de itens requisitada.

Por sua vez, os custos de manutenção estão associados ao armazenamento dos produtos estocados e subdivide-se em quatro subclassificações:

(i) Custo de espaço: refere-se ao local em que o item é armazenado e diferencia-se de acordo com a forma de obtenção do lugar, no caso se arrendado ou comprado;

(ii) Custo de risco de estoque: é representado pelas ameaças que os produtos estocados estão expostos, tais como: roubos, deteriorização, danos ou obsolescência;

(iii) Custo de capital: evidencia o montante de dinheiro que os produtos “parados”, ou seja, estocados representam para a empresa. Esses são apontados como de difícil mensuração e de grande peso nos custos totais de estoque; e

(iv) Custo dos serviços de estocagem: traduzem os gastos despendidos com impostos e seguros para manutenção do estoque, são mínimos e, geralmente, pouco significativos nos custos totais.

A terceira e última categorização apresentada por Ballou (2006) é o custo de falta de estoques, o qual é associado aos custos de quando um pedido não pode ser atendido devido a falta de produtos no estoque. Tal custo é de difícil mensuração, pois depende das ações que o cliente terá perante a falta do item requisitado. É subdividido em dois tipos:

(i) Custo de vendas perdidas: no caso em que o cliente desiste da compra; e

(ii) Custo de pedidos atrasados: quando o cliente não abdica do produto, criando gastos extras como transporte, manuseio de materiais e possível infidelização com a empresa.

2.2.4 Custos de estoque de peças de reposição

Elwany e Gebraeel (2008) afirmam que, financeiramente, a importância de gerir os estoques de peças de reposição está, basicamente, em relacionar os custos associados a substituições de itens com os custos associados a falhas nos componentes dos equipamentos sujeitos a manutenção.

No contexto da manutenção, Wang (2012) define um dos custos associados a peças em estoque na manutenção: o custo de substituição de item. Ele é relacionado ao valor gasto devido a troca de uma peça de reposição. Portanto, depende se a substituição for identificada por meio de uma falha, não programada, encontrada, ou se for realizada devido à execução de uma MP. Sendo, ainda, sujeito ao fato de o estoque necessário para substituição estar disponível ou não.

Elwany e Gebraeel (2008) também identificam custos associados a peças em estoque na manutenção: o custo de falha e o custo de reposição. O custo de falha ocorre toda vez que um componente de uma máquina falha, ele geralmente é alto e inclui os custos associados a manutenção do tipo corretiva (MC), tais como: mão de obra; produção perdida; e entre outros. O custo de reposição ocorre quando um componente é substituído de acordo com um cronograma planejado, portanto, basicamente, é o custo regular da MP, associado a: mão de obra e custo da peça em si. Normalmente, o custo de reposição planejado é menor que o custo devido a falhas repentinas pois, além da possibilidade de a produção ser interrompida devido a falha das máquinas, o que gera custos de perda de produção, existe a probabilidade de não existirem peças de reposição disponíveis para troca, o que gera custos adicionais de compra.

Na mesma linha de pensamento, Kardec e Nascif (2009) resumem os custos associados a manutenção em três classificações distintas:

(i) Custos diretos: explicitam os valores gastos com a operação dos equipamentos, são compostos por: custos de mão de obra direta; custo de materiais; e custos com serviços de terceiros.

(ii) Custos de perda de produção: são aqueles dispendidos devido à perda de produção, a qual pode ser causada de duas formas: (i) por falhas nos equipamentos, sem que haja um equipamento reserva disponível para substituí-lo; ou (ii) por falhas nos equipamentos causadas por ações impróprias da manutenção.

(iii) Custos indiretos: são aqueles dispendidos com o gerenciamento e administração da manutenção, tais como os valores gastos com: análises; estudos de melhorias; engenharia da manutenção; supervisões; e dentre outros. Sendo importante ressaltar que é nessa categoria em que se alocam os custos de amortização, depreciação, iluminação, energia elétrica e outras funcionalidades da empresa.

Além disso no que se refere aos custos despendidos com manutenção, um aspecto importante a se considerar é que: "Mais manutenção não significa melhor manutenção" (KARDEC; NASCIF, 2009). Tal afirmação é mostrada no gráfico da Fig. (5), o qual demonstra a relação existente entre nível de manutenção, disponibilidade operacional e custos.

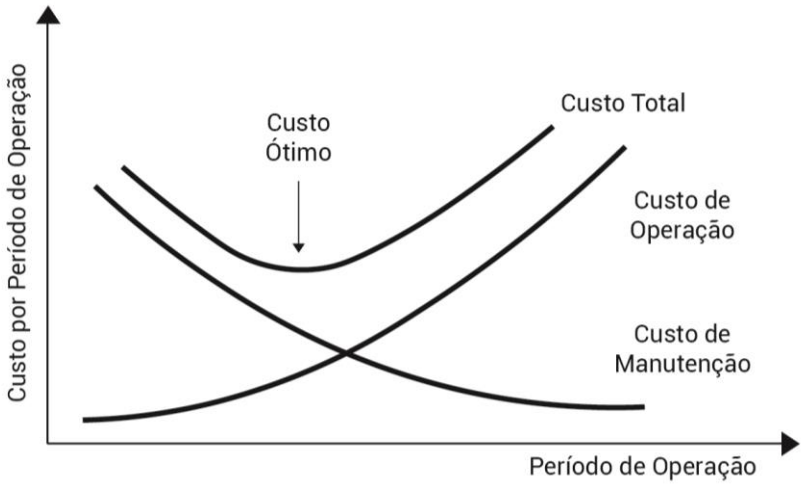


Figura 5. Manutenção: Período de operação x Custos.
Fonte adaptada: Kardec e Nascif (2009).

De acordo com a Fig. (5), os custos de manutenção crescem inversamente aos custos de operação, desde que os custos despendidos com a manutenção sejam convertidos em reduções nas paradas de produção. Entretanto, deve-se atentar aos extremos: o valor máximo de manutenção representa gastos em demasia com manutenções desnecessárias, o que faz com que ocorram interrupções nos equipamentos e troca de componentes em bom estado; já o valor

mínimo de manutenção representa a omissão de cuidados com os equipamentos, possibilitando danificações dos mesmos e consequente aumento de paradas de operação. Assim sendo, a Fig. (5) expõe que é preciso analisar essas contrariedades e balancear tais custos, estabelecendo um ponto ótimo e mínimo de gastos.

Campos e Rezende (2013) considera que, de forma geral, três custos são relevantes para a gestão de estoques de peças de reposição:

(i) Custo de manutenção de estoques: composto por custos financeiros, de seguro, armazenagem, manuseio, obsolescência, depreciação, perdas e danos.

(ii) Custo de colocação de pedidos: composto por todos os custos envolvidos na realização dos pedidos tais como custos de transporte, aquisição e de oportunidade de capital aplicado.

(iii) Custo da falta: composto pelo custo que se têm quando há a falta de uma peça no estoque. É de difícil mensuração pois trata, além de fatores econômicos e financeiros, de condições características das peças e consequências no mercado.

Dessa forma, a grande dificuldade encontrada para a análise dos custos de estoques de peças de reposição se dá na redução do custo global, o qual é composto pela soma de todos esses custos. Por isso, deve-se analisar o *trade off* de tais custos de acordo com a priorização de interesses determinamos pela estratégia da organização (CAMPOS; REZENDE, 2013).

2.2.5 Disponibilidade de estoque

Souza e Pires (2013) esclarecem que o desenvolvimento industrial desencadeou o aparecimento de três formas distintas de uma empresa atender aos pedidos de seus clientes:

(i) Produção sob encomenda (*Make to Order - MTO*);

(ii) Produção para estoque (*Make to Stock - MTS*); e

(iii) Produção para disponibilidade (*Make to Availability - MTA*).

Primeiramente, surgiu o modelo do tipo MTO, o qual caracteriza-se pelo início da fabricação de um item a partir do pedido realizado pelo cliente, ou seja, o item somente é produzido após o requerimento do mesmo.

Com o aumento do consumo, surgiu o modelo de produção do tipo MTS, no qual não há dependência de pedido do cliente para iniciar a produção, os produtos são, geralmente, padronizados, produzidos em massa e armazenados. Todavia, os autores defendem que, atualmente, essa lógica de priorizar venda ou produção não cabe mais à realidade das empresas e necessidades dos consumidores.

Posteriormente, surgiu um novo modelo de produção, originado do MTS, o MTA. O MTA pode ser considerado como um subgrupo do MTS sendo um modelo que prega pelo

fornecimento ágil ao cliente. Nele, os produtos são estocados, entretanto, com uma lógica de gestão que possui o intuito de atender a demanda futura dos produtos, a qual não é abordada no MTS, sendo essa a principal diferença entre ambos os modelos.

Nesse sentido, Schragenheim et al. (2009) abordam cinco princípios essenciais para que o modelo de disponibilidade MTA não gere estoques excessivos ou insuficientes, conforme mostrado no Quadro (3).

Quadro 3. Princípios do modelo de disponibilidade MTA.

Princípio	**Conceito**
1. Estoque e tempo de reabastecimento estão intimamente relacionados	• Expõe a ligação entre o volume de produtos estocados e o tempo necessário para que os mesmos sejam reabastecidos; • Tempos de reposição mais rápidos requerem estoques menores para garantir disponibilidade e evitar perda de vendas. Em contrapartida, tempos de reposição mais longos significam a necessidade de estoques maiores; • O nível de estoque ideal é equivalente ao consumo durante o intervalo entre a venda de um item e a hora em que a substituição chega, o estoque deve ser suficiente para atender o potencial de demanda durante esse tempo.
2. Estoque em processo suplementa a proteção da disponibilidade	• A lógica desse princípio está no fato de que estoque em processo, ou WIP, não é um produto pronto que pode ser entregue ao cliente, é um produto semiacabado que, se estocado, agiliza o processo de produção e aumenta a disponibilidade de produtos aos clientes; • A melhor forma de manter a disponibilidade é assegurar uma quantidade fixa de estoque alvo (representada pela soma de estoques de produtos acabados e de produtos WIP). Dessa forma, mesmo que existam variações na demanda ou nos tempos de produção, a estabilidade do sistema como um todo será garantida.
3. Amanhã será semelhante a hoje	• Esse princípio diz respeito a estabilidade da demanda e do fornecimento; • Tendo ele como base, e confiando no princípio 2, a demanda e o fornecimento são estáveis e há um estoque em processo que dá suporte à disponibilidade, então sempre que uma determinada quantidade de produtos acabados for consumida, novas ordens de produção devem ser geradas.
4. O status de produtos acabados dita as prioridades do chão de fábrica	• De acordo com os princípios anteriores e, principalmente, o princípio 2, o chão de fábrica deve priorizar a fabricação de produtos que possuírem o maior desvio de nível-alvo; • Definem-se três tipos básicos de prioridade: verde, amarelo e vermelho, a qual relaciona a quantidade de produtos acabados com o nível alvo gerando a prioridade de produção; • Produtos verdes são menos prioritários que os amarelos, que, por sua vez, são menos prioritários que os vermelhos; • A priorização de chão do fábrica refere-se tanto a inicialização de uma nova ordem de produção como ao apressamento de uma já em andamento.
5. A estagnação é indesejável	• Defende que um produto não deve estagnar em nenhum dos três tipos básicos de prioridade; • Entende-se que, um produto que está constantemente no verde significa um item em que se mantêm um estoque maior do que o necessário, um produto que se mantêm no amarelo significa que sua produção nunca é priorizada, já um produto que se estabelece por tempo demais no vermelho significa que se mantêm um estoque menor do que o necessário; • A estagnação dos produtos em qualquer um dos tipos básicos de prioridade determina que o estoque alvo, princípio 2, deve ser recalculado.

Fonte: Baseado em Schragenheim et al. (2009).

Seguindo esses cinco princípios do MTA, Schragenheim et al. (2009) afirmam que a disponibilidade de um estoque estará garantida. Isto é, os pedidos realizados pelos clientes, estejam eles previstos na demanda ou não, serão atendidos.

2.2.6 Demanda

"Dividir o estoque em classes ou tipos facilita o controle do mesmo. Uma das melhores maneiras de classificar estoques é segundo a natureza de sua demanda" (BALLOU, 2007). De acordo com essa , Ballou (2007) define cinco tipos distintos de demanda:

(i) Demanda permanente: não sofre variações durante certo período de tempo e representa a procura constante por um determinado produto. Portanto, a empresa deve estar atenta com relação a quantidade de pedidos efetuados de forma a manter o abastecimento contínuo e de acordo com a procura.

(ii) Demanda sazonal: caracteriza-se pela variação temporal de pedidos. Assim sendo, influencia a gestão dos estoques uma vez que sua previsão define demandas futuras por determinado produto e, portanto, a necessidade de ressuprimento prévio.

(iii) Demanda irregular: refere-se a procura por produtos devido a diversos fatores do ambiente e da sociedade, os quais, por serem aleatórios, dificultam uma previsão precisa e, portanto, a quantidade e a temporalidade de ressuprimento para tais produtos.

(iv) Demanda em declínio: expõe a redução de pedidos por um determinado produto. Sua previsão torna-se importante uma vez que a baixa na procura de tal item deve ser acompanhada pela diminuição do ressuprimento do mesmo no estoque.

(v) Demanda derivada: relata a necessidade de itens que são componentes de um produto final. Isto é, tendo como base a demanda do produto final, prevê-se a demanda do subproduto que o compõe, bem como a quantidade do mesmo no estoque.

O autor afirma que independentemente do tipo e da área de atuação do negócio, as empresas, normalmente, possuem mais de um tipo de demanda, embora seja difícil experimentarem todas elas ao mesmo tempo.

Corrêa e Corrêa (2007) também defendem a necessidade de ser ter uma visão futura do consumo dos produtos, principalmente daqueles estocados. Por isso, indicam a existência de dois tipos de demanda:

(i) Demanda independente: é aquela em que é preciso fazer previsões para se definir o consumo futuro de determinado item. Previsões essas, caracterizadas por não

estarem correlacionadas a nenhum dos fatores administrados pelas operações da empresa e sim, a fatores externos, incontroláveis e independentes; e

(ii) Demanda dependente: representa aquela em que a empresa consegue mensurar através da análise de dados de domínio da organização. São mais fáceis de serem previstas e mais precisas, pois utilizam como base fontes conhecidas e geridas pelo controle das operações do negócio.

2.2.7 Demanda de Peças de reposição

Tomaz (2017) afirma que determinar a demanda de peças de reposição não é uma atividade trivial pois, para que tal previsão seja efetuada, faz-se necessário conhecer, por exemplo a taxa de falhas e o tempo médio entre falhas de um item. Para tal, são usados dados históricos de falhas e realizados cálculos probabilísticos.

Wuttke e Sellitto (2008) conceituam a Curva da Banheira como um gráfico que descreve a taxa de falhas dos equipamentos (h (t)) versus o tempo de operação. Nele, observam-se três diferentes fases (mortalidade infantil, maturidade e desgate), as quais estão associadas a um parâmetro ɣ, baseado em uma distribuição, denominada distribuição de Weibull, que descreve, de acordo com o tempo de uso, a confiabilidade de um item, como demonstrado na Tab. (1).

Tabela 1. Interpretações do parâmetro ɣ da distribuição de Weibull.

T (tempo)	Valor de ɣ	Significado
0	-	Não há confiabilidade intrínseca. Significa que em t = 0 a probabilidade de falha é 0.
-	<1	Taxa de falhas decrescente, possivelmente devido a baixos coeficientes de segurança na carga.
-	=1	Taxa de falhas constante, falhas de origem aleatória.
-	>1	Taxa de falhas crescente, desgaste iniciado logo que o componente entra em serviço.

Fonte adaptada: Wuttke e Sellitto (2008).

Na primeira fase, mortalidade infantil, a taxa de falhas é alta, entretanto, decrescente (ɣ<1), e o principal motivo de tais problemas deve-se a erros inerentes ao equipamento ou fraquezas, tais como: defeitos de instalação, falhas no projeto, falhas de fabricação ou componentes inadequados. Com o passar do tempo, tais falhas vão sendo corrigidas e o equipamento entra na fase de maturidade, onde a taxa de falhas é constante (ɣ=1), e os erros ocorrem devido a causas aleatórias, externas ao sistema, tais como: acidentes, mau uso ou operação inadequada, liberação excessiva de energia e entre outras. Por fim, a taxa de falhas

começa a aumentar devido ao desgaste dos equipamentos (ɣ>1), representando a fase de desgaste. A Figura (6) reproduz tais fases.

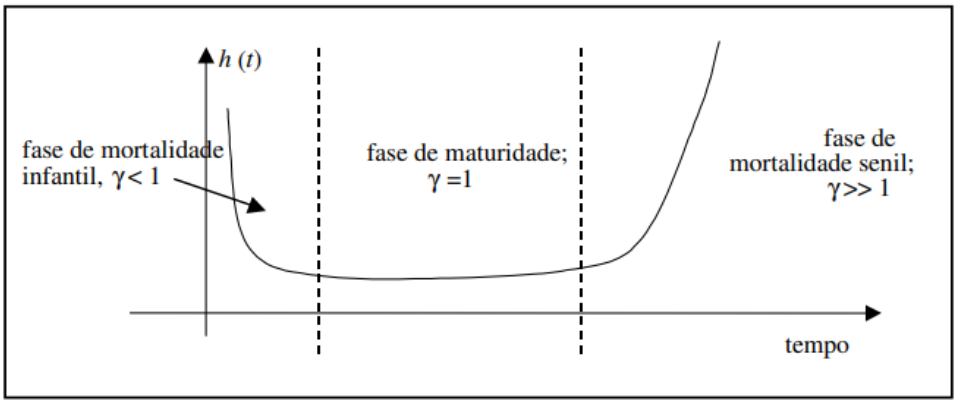


Figura 6. Curva da banheira.
Fonte: Wuttke e Sellitto (2008).

Tomaz (2017) expõe que com base na taxa de falhas é possível determinar quando um equipamento irá falhar e, assim, prever a demanda de peças de reposição por meio de duas métricas, calculadas por meio de cálculos estatísticos:

(i) Tempo médio entre Falhas (MTBF): explicita o tempo médio entre falhas de um sistema ou componente, utilizada para o caso de peças de reposição recuperáveis; e
(ii) Tempo médio até a falha (MTTF): explicita o tempo médio até a falha de um sistema ou componente, utilizada para o caso de peças não reparáveis, consumíveis ou descartáveis.

Campos e Rezende (2013), por sua vez, caracterizam a demanda de peças de reposição como sendo irregular, sazonal e independente. Dessa forma, de acordo com o nível de consumo, as peças de reposição podem ser classificadas em três tipos (CAMPOS; REZENDE, 2013; LIMA, 2017):

(i) Consumo em massa: consumo anual superior a 300 unidades;
(ii) Baixo giro: consumo de 2 a 300 peças por ano; e
(iii) Baixíssimo consumo: consumo do material inferior a uma unidade por ano, em média.

Os autores afirmam, ainda, que o comportamento de tal demanda pode ser influenciado pelo tipo de manutenção aplicada, sendo a manutenção do tipo MP a de maior impacto positivo em tal estudo pois aumenta a previsibilidade da demanda, facilitando, assim, o planejamento das peças de reposição.

2.2.8 Política de reposição

Silva et al. (2011) ressaltam que a formação de estoques tem significante influência financeira e estratégica nas empresas, por isso é fundamental que políticas de gestão de estoques sejam formuladas para que eles sejam geridos da melhor forma possível. Dois modelos clássicos são expostos pelos autores: (i) modelo de revisão contínua (RC); e (ii) modelo de revisão periódica (RP).

Para o modelo de RC, considerando-se uma taxa constante de demanda, é estabelecida uma variável chamada de ponto de ressuprimento, a qual serve para determinar quando um novo pedido deverá ser feito. Nele, o estoque é analisado constantemente e, quando o mesmo atinge o ponto de ressuprimento, um novo pedido, de quantidade fixa, denominada de lote econômico ou de ressuprimento, é realizado. Tendo-se em vista, ainda, que o fornecedor leva certo tempo para entregar a quantidade pedida que irá ressuprir o estoque, o qual é denominado de "tempo de ressuprimento" ou *lead time*. (CORRÊA; CORRÊA, 2007; SILVA et al., 2011). A Figura (7) ilustra o funcionamento de tal modelo.

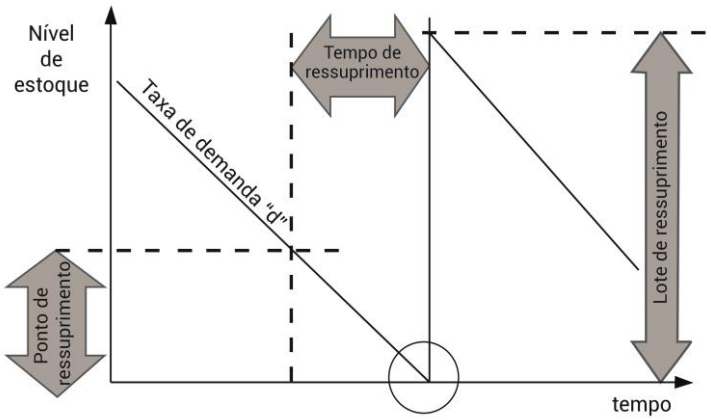


Figura 7. Modelagem de parâmetros do Modelo de RC.
Fonte adaptada: Corrêa e Corrêa (2007).

Já no modelo de RP é indicada uma nova variável chamada de nível de referência, a qual serve para determinar a quantidade de produtos que deverá ser pedida. Nele, o estoque é analisado em intervalos fixos e a quantidade requisitada é tal qual faça com que o estoque atinja o nível de referência. Assim, a porção encomendada é variável e dependente tanto de quanto foi consumido desde a última verificação do estoque como do nível de referência estabelecido para o mesmo (CORRÊA; CORRÊA, 2007; SILVA et al., 2011). A Figura (8) ilustra o funcionamento desse modelo de RP.

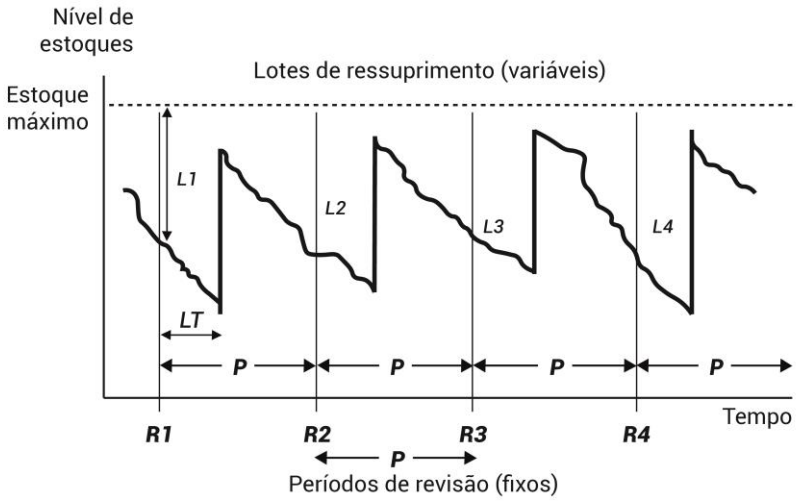


Figura 8. Modelagem de parâmetros do Modelo de RP.
Fonte adaptada: Corrêa e Corrêa (2007).

Os autores expõem, ainda, que o modelo RC tende a ter estoques médios menores que o modelo de RP. Isso ocorre, pois, esse último precisa proteger os estoques de variações na demanda durante a fase de utilização até a chegada do ressuprimento. Já no modelo RC, preocupa-se em proteger o estoque de variações na demanda apenas no tempo de ressuprimento do fornecedor.

Tanto Correa e Correa (2007) como Silva et al. (2011) defendem a utilização de ambas as políticas. Entretanto, ressaltam que as vantagens e desvantagens de cada uma variam de acordo com as características do produto e do contexto em que são utilizadas.

Correa e Correa (2007), ao apresentarem os modelos de RC e de RP, limitam tais políticas para produtos que possuem demanda do tipo independente, ou seja, aquela que deve ser prevista, pois não pode ser calculada. Para os produtos de demanda dependente, aborda outro tipo de política de estoque denominado Cálculo de Necessidade de materiais (*Material Requirements Planning - MRP*), o qual é conceituado pelos autores como um sistema de política de estoque mais sofisticado, pois necessita de *softwares* e de uma base de dados confiável para que o cálculo das quantidades requisitadas seja preciso e atenda à demanda predeterminada para o produto em questão.

Corrêa e Corrêa (2007), ainda, abordam uma nova variável para ambos os modelos denominada de estoque de segurança (ES), a qual serve para garantir que se tenha um estoque disponível, caso haja variações abruptas na procura por determinado item. Sendo assim, o ES é uma quantidade de estoque deixada como “reserva” para que os pedidos realizados pelos clientes sejam sempre atendidos, independentemente da ocorrência de aumentos imprevisíveis na demanda ou variações no *lead time*.

O cálculo do ES é um desafio para as empresas pois é difícil quantificar incertezas e variabilidades para estimar valores, baseados em análises probabilísticas, que suprem tais

flutuações na demanda ou no ressuprimento. Uma opção de cálculo é realizar análises probabilísticas de acordo com a distribuição normal. Todavia, a normalidade para o consumo de peças de reposição é praticamente inexistente. Dessa forma, para mensuração do ES de peças de reposição deve-se levar em consideração o custo da falta e o custo do excesso (CAMPOS; REZENDE, 2013).

Tendo isso em vista, Fleury et al (2000, p.193) propõe um modelo de mensuração do risco associado a manutenção de estoques de segurança, relacionando o custo da falta e o custo do excesso (Equação 1). Evidenciando que, quanto maior a diferença entre o custo da falta (Cf) e o custo do excesso (Ce), maior poderá ser o ES pois menor será o risco associado a ele.

$$Risco = 1 - (Cf \div (Cf - Ce) \qquad \text{Eq. (1)}$$

Fonte: Fleury et al. (2000, p. 193).

Assim sendo, para determinar o ES de peças de reposição faz-se mister realizar uma análise que pondere o custo do excesso, o qual pode aumentar o custo de oportunidade de capital empregado, e o custo da falta, o qual pode interferir no nível de serviço determinado para a peça em estoque. (CAMPOS; REZENDE, 2013).

2.2.9 Curva ABC

Quando se pensa em gastos realizados no estoque é importante considerar que alguns itens possuem maior valor agregado do que outros. Sendo assim, é importante determinar quais são as peças que requerem maior alocação de recursos em sua gestão, e uma das formas existentes para realizar a classificação de itens no estoque é denominada de Curva ABC (CORRÊA; CORRÊA, 2007).

A Curva ABC trata de um método de classificação de informações, em que a importância dos elementos é definida por meio da relação entre a quantidade utilizada e o seu valor (DE CARVALHO, 2002). Classifica os itens de estoque em três grupos (A, B e C) de acordo com o valor total anual de uso e possui o intuito de definir diferentes tipos de sistemas de controle de estoque para tais grupos em vista de um sistema total mais eficiente em custos. Dessa forma, para aplicá-la os seguintes passos devem ser seguidos (CORRÊA; CORRÊA, 2007):

(i) Determinar a quantidade total utilizada ou a quantidade projetada para o futuro para cada peça do estoque;
(ii) Definir o custo médio de cada uma das peças;

(iii) Calcular o custo total de uso, multiplicando-se os valores encontrados nas etapas (i) e (ii), quantidade média utilizada e custo médio de cada peça, respectivamente.

(iv) Organizar, em ordem decrescente, os valores encontrados no passo (iii);

(v) Calcular os valores acumulados de acordo com a ordem definida no passo (iv);

(vi) Calcular, em percentual, os valores acumulados definidos no passo (v); e

(vii) Plotar os valores percentual do passo (vi) em um gráfico.

O resultado de tais passos é um gráfico composto por uma curva com três regiões (Fig. 9):

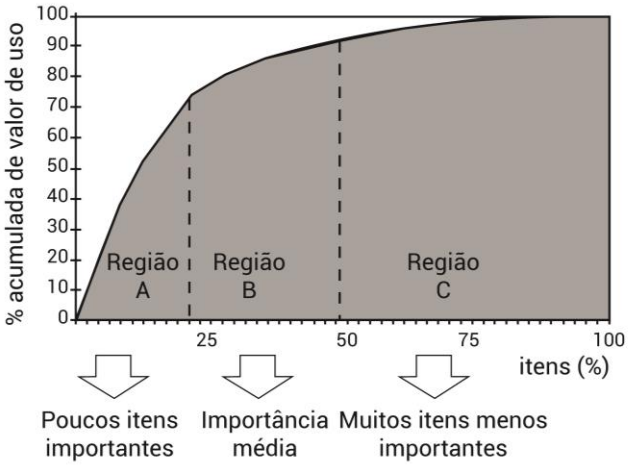


Figura 9. Conceito de Curva ABC.
Fonte adaptada: Corrêa e Corrêa (2007).

(i) Região A: de grande inclinação, normalmente, representa os 20% dos itens, sendo eles responsáveis por 80% do valor de uso total das peças do estoque;

(ii) Região B: de média inclinação, em torno de 45º; e

(iii) Região C: de pequena inclinação.

Dessa forma, é possível determinar quais são as peças responsáveis por grande parte do valor de uso total, as quais são encontradas na região A do gráfico, e quais são responsáveis por média e baixa quantidade de recursos aplicados, encontradas nas regiões B e C, respectivamente (CORRÊA; CORRÊA, 2007).

2.2.10 Nível de serviço e Classificação de peças

Corrêa e Corrêa (2007) defendem que uma questão interessante de se considerar na gestão de estoques é a classificação de itens de acordo com o nível de serviço determinado para cada peça. Dessa forma, pode-se agrupar as peças do estoque em três níveis diferentes (X, Y e Z) em base da criticidade dada pelo custo de falta das mesmas. Como exemplo, explicita-se:

(i) Nível X: Uma peça que, caso falte, ocasiona a parada total de um determinado equipamento, gerando altos custos associados à falta;

(ii) Nível Y: Uma peça que, caso falte, ocasiona a diminuição de velocidade de trabalho de um determinado equipamento; e

(iii) Nível Z: Uma peça que, caso falte, não influi na produtividade de nenhum equipamento.

O cruzamento de tal agrupamento com a categorização dada pela Curva ABC origina um quadro de correlação para que diferentes estratégias de gestão de estoque sejam admitidas de acordo com a classificação do nível de serviço determinado para cada peça (Quadro 4).

Quadro 4. Classificações de itens e níveis de serviço.

Nível de serviço x Curva ABC	**A**	**B**	**C**
X			Muito altos
Y		Médio	
Z	Baixos		

Fonte adaptada: Corrêa e Corrêa (2007).

Na situação exposta no Quadro (4), caberia a empresa optar por ter nível de serviço muito alto para produtos, por exemplo, que possuem criticidade alta (classificação X) e valor baixo (categorização C dada pela Curva ABC), e nível de serviço baixo para os itens que possuam criticidade baixa e valor muito alto. Além disso, em situações intermediárias da relação entre custo de falta e valor de uso é plausível que a empresa adote níveis médios de serviço (CORRÊA; CORRÊA, 2007).

2.3 MANUTENÇÃO, REPARO E OPERAÇÕES (MRO)

Manutenção, Reparo e Operações (MRO) pode ser definido como todas as ações que têm o objetivo de reter ou restaurar um item para um estado em que possa executar sua função exigida. Tais ações incluem a combinação de diversas técnicas: administrativas, gerenciais e de supervisão (VIEIRA; LOURES,2016).

Correa e Correa (2007) definem estoque de materiais para a Manutenção, Reparo e Operações (MRO) como: “quantidades de itens adquiridos pela operação, não para se transformar em partes componentes dos produtos, mas que são necessários como apoio à atividade de produção”. Sendo assim, compostos pelas peças de reposição.

Lara e Rodrigues (2012) afirmam que os produtos de MRO são distintos dos produtos finais fabricados pelas empresas e que, por isso, possuem um perfil de demanda diferente e uma complexidade maior de cálculo para determinação de níveis de estoques ideais. Para gerir estoques de tal tipo, são utilizadas ferramentas tecnológicas inteligentes e sofisticadas (os

chamados *softwares*). Entretanto, elas não são suficientes, pois existem fatores operacionais e internos da empresa que devem ser levados em consideração para uma gestão eficaz desse tipo de material.

Dessa forma, os autores ressaltam a necessidade de planejar a área de gestão de estoques com cautela dando ênfase para a construção de uma equipe capacitada para lidar tanto com as atividades operacionais da área como com adversidades que possam ocorrer. Assim, defendem a divisão da área em duas vertentes de trabalho diferentes, mas interdependentes: analítica e operacional, e a definição clara de papéis e responsáveis das atividades alocadas em cada uma delas.

Lara e Rodrigues (2012) enaltecem, ainda, que somente é possível planejar a área de MRO se houverem dados confiáveis para imputar nos *softwares* e esses realizarem seus cálculos e análises. É necessário que os funcionários da área planejem a captação e gerência de tais dados, com uso de planilhas de apoio, pois os dados originam-se de diversas bases diferentes, tais como: cadastro de materiais, posição dos estoques, consumo de material, recebimento de pedidos, requisição e entre outras. Indicadores são de grande relevância para monitorar e analisar os resultados obtidos pela área, podendo eles, ainda, serem classificados em dois tipos: indicadores de desempenho e indicadores de monitoramento.

Nessa linha de pensamento, os autores enfatizam que os *softwares* devem ser utilizados, entretanto, deve-se atentar para a análise dos resultados de reposição geradas por ele. Não se pode confiar totalmente nos cálculos matemáticos pois esses não são preparados para tratar os desvios que o processo de reposição do dia a dia enfrenta, assim, pode ocorrer de o sistema propor uma quantidade de reposição incompatível com a realmente necessária para o estoque no momento. Além disso, é preciso ter capacitação analítica pois a gestão de estoques não é apenas simular dados e prever demandas, faz-se mister explorar de onde vem os problemas com o intuito de verificar a causa dos mesmos, corrigindo-os, e realizar simulações para gerar dados da relação entre estoque e disponibilidade de material, as quais servirão de base para posteriores tomadas de decisão. A implementação de graus de criticidade para os materiais MRO também é uma atividade primordial defendida nesta parte de análise do estoque, pois serve para classificar os itens que precisam de maior atenção, determinar quantidades de Estoque de segurança (ES), localidade de armazenamento e garantir a disponibilidade dos produtos, quando requisitados.

Ademais, os autores também sustentam a ideia de “identificação de inservíveis”, que é a atividade de determinar quais produtos não são mais utilizados e vendê-los, por sucateamento ou para outras empresas, reduzindo-se, assim, os estoques de MRO.

Uhlmann et al. (2013) ao estudar os desafios e os processos envolvidos na gestão de produtos MRO, determinam quatro campos de grande relevância e que possuem potencial de

inovação na área, são eles: (i) Monitoramento e diagnóstico de condições; (ii) Planejamento de MRO e assistência digital; (iii) Limpeza, e (iv) Reparação e revisão de tecnologias.

No que tange ao campo de inovação “Monitoramento e diagnóstico de condições” tem-se o desenvolvimento de soluções tecnológicas que avaliam continuamente o status de vida útil dos produtos e máquinas com o intuito de identificar o tempo ideal para a manutenção e, assim, programar a periodização do ressuprimento.

Na esfera de inovação "Planejamento de MRO e assistência digital” tem-se o uso de métodos e ferramentas digitais que abordem: estruturação geométrica dos produtos, tecnologias 3D, simulações de fábrica, medições de engenharia reversa, análise de requisito de produtos, e entre outros, com o intuito de automatizar, economizar tempo e reduzir erros nos processos de MRO.

Para o conceito de inovação “Limpeza” o uso de tecnologias de limpeza ajustadas são capazes de reduzir paradas nos processos, bem como garantir a eficiência e boas condições ao trabalho dos funcionários de MRO.

Já para o âmbito de inovação “Reparação e revisão de tecnologias” as máquinas e plantas com alto custo geralmente não geram lucro em curto prazo de operação. Por isso, para se ter ganhos é necessário garantir uma longa vida útil da utilização das mesmas, portanto, os componentes gastos devem ser revisados e reparados ao invés de trocados por novos, o que geraria modificações desnecessárias nos processos de MRO e um despesa extra para a área (UHLMANN et al., 2013).

2.4 MODELOS PARA GESTÃO DE ESTOQUE DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO

Modelos para a gestão de estoque de peças de reposição, em sua maioria, possuem três principais enfoques: (i) proporcionar suporte às tomadas de decisão referente aos estoques; (ii) aprimorar políticas de estoques; e (iii) prever demandas de peças de reposição (CAMPOS; SIMON, 2019).

Wang (2012) define um modelo aplicado a MP que busca encontrar, através de uma função, três variáveis ideais: (i) o intervalo de pedido; (ii) a quantidade de pedido e; (iii) o intervalo de aplicação de MP, que minimizem o custo total esperado de estoque por unidade de tempo. Tal função baseia-se nos conceitos de *delay time* (período entre o surgimento de um defeito em uma máquina e a efetiva ocorrência de uma falha causada por ele) e programação dinâmica estocástica (um método de solução para problemas que envolvem decisões sequenciais), esta última utilizada para otimizar as variáveis definidas através da aplicação do modelo. Valendo ressaltar que as variáveis de entrada utilizadas para sua implementação são: custos referentes ao estoque (custo de aquisição, custo de manutenção e custo de substituição de

item); e parâmetros relacionados com a taxa de chegada de itens com defeito e distribuição de tempos de atraso. Como pode ser evidenciado na Figura (10), onde k é dado pela ordem de chegada do pedido, e os eixos "*Expected cost per week*" e " *Order interval t0*" representam o custo de estoque esperado por semana e intervalo de MP, respectivamente.

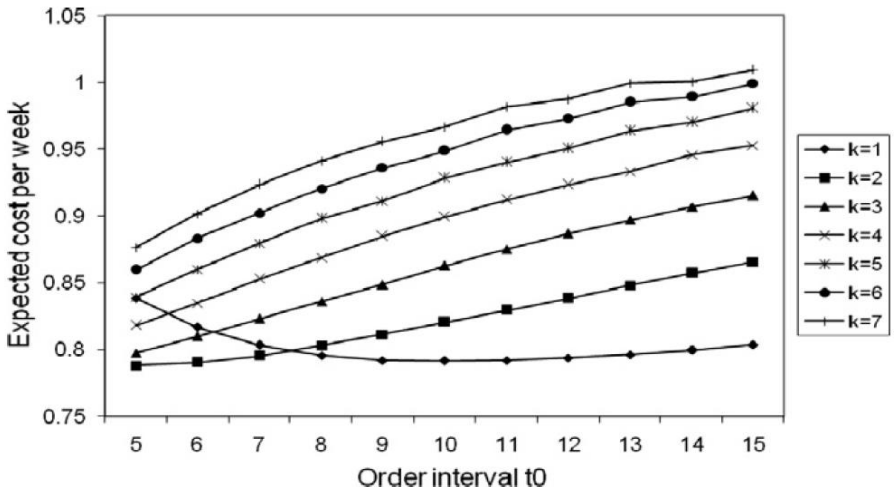


Figura 10. Custo total semanal esperado em termos do pedido e dos intervalos de MP.
Fonte: Wang (2012).

Zanjani e Nourelfath (2014) abordam a gestão de estoques de peças de reposição para empresas que prestam serviço de manutenção a terceiros. Os autores criaram um modelo matemático que coordena a quantidade do estoque de peças de reposição com o intuito de diminuir os custos associados ao mesmo. O modelo formulado considera que as operações de manutenção são realizadas dentro do prazo estipulado pelo cliente, baseia-se em um programa estocástico multi-estágio (onde as tomadas de decisões são feitas em diversas etapas ao longo do tempo) e leva em consideração vários cenários distintos de demanda. Entretanto, para aprimoramento do modelo enfatiza-se, ainda, a implementação de análises em ambientes reais, com diversos fornecedores, e consideração do relacionamento e da interdependência entre os componentes dos equipamentos reparados.

Poppe, Basten, Boute e Lambrecht (2017) também focaram seus estudos em empresas terceirizadas de manutenção, isto é, que realizam manutenção de equipamentos para outras. Dessa forma, através de simulações matemáticas, analisaram os impactos financeiros que os tipos de operação de manutenção têm sobre as políticas de peças de reposição.

Com o estudo, concluíram que a manutenção do tipo preventiva (MP) demanda mais peças de reposição do que a MC, uma vez que a MP não explora toda a vida útil do componente, assim, gera mais custos de estoque. Tendo isso em vista, para diminuir os custos despendidos com a MP, é preciso utilizar dados avançados de demanda, isto é, definir a quantidade a ser

pedida de peças de reposição tomando como base informações sobre o histórico de falhas do sistema.

Elwany e Gebraeel (2008) criaram um modelo com o intuito de determinar o tempo ideal de substituição de componentes e o tempo ideal de pedido de peças de reposição, com o objetivo de minimizar o custo total do estoque. É importante ressaltar que, para determinar o tempo ideal de pedido de peças, os autores levaram em consideração tanto a demanda por peças de reposição proveniente da MP como a proveniente de falhas inesperadas (MC). Dessa forma, para definir quando tais falhas poderiam ocorrer nos equipamentos, garantir a precisão de decisões relativas a substituição de componentes e um planejamento eficaz do estoque de peças de reposição, o modelo é baseado em um sensor que calcula, através de uma função matemática, a degradação, em tempo real, da vida restante dos componentes constituintes dos equipamentos. Tal sensor, ao analisar vários sinais de degradação, expõe que o sinal de degradação, dado pelo eixo "*Amplitude (Vms)*" cresce exponencialmente conforme a degradação progride no tempo, dado pelo eixo "*Time (mins)*" (Fig. 11).

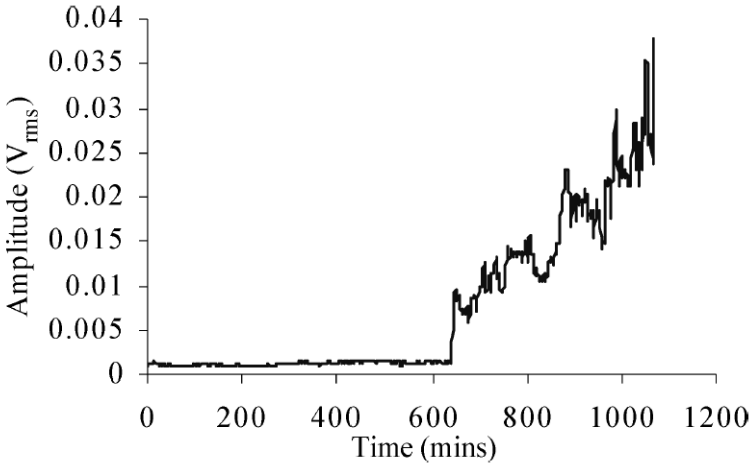


Figura 11. Sinal de degradação baseado em vibração.
Fonte: Elwany e Gebraeel (2008).

Jiang, Chen e Zhou (2015) abordam um modelo que enfatiza a importância de considerar a deterioração das peças de reposição na análise dos custos dispendidos com o estoque e com o tipo de manutenção implementada. As variáveis de decisão dadas pelo modelo são: o número máximo de estoque de peças de reposição; e o intervalo ideal de MP, que minimizem a taxa de custos totais do sistema.

Tendo isso em vista, a deterioração das peças de reposição foi considerada para dois casos: (i) quando há disponibilidade de dados históricos de deterioração das peças de reposição, sendo denominado de "Modelo com deterioração determinística de inventário"; e (ii) quando tais dados não são conhecidos, sendo chamado de "Modelo com deterioração estocástica de inventário", no qual a deterioração é calculada através de equações matemáticas de probabilidade.

O modelo foi, ainda, formulado para um sistema com política de estoque do tipo RP e manutenção do tipo "*block replacement*", a qual considera dois tipos de manutenção: MC e MP. A MC é sempre realizada quando há ocorrência de alguma falha e disponibilidade de estoque de peças de reposição, a MP é efetuada em seu tempo previsto e, novamente, apenas se há disponibilidade de estoque de peças de reposição. Nenhuma das manutenções é efetuada caso não haja estoque suficiente.

Frazzon, Silva e Pires (2016) desenvolveram um modelo baseado na aplicação de um sistema de integração inteligente denominado de "*integrating inteligente maintenance systems and spare parts supply chain (I2M2SC)*", que, por meio de avaliações de desempenhos efetuadas através de simulações, auxiliasse os fornecedores de peças de reposição e os seus respectivos clientes a preverem: as demandas futuras para cada peça de reposição; o monitoramento dos níveis de estoque de todos os participantes da cadeia de peças de reposição (fabricantes, fornecedores, distribuidores e clientes); e o volume ideal de distribuição.

O *I2M2SC* é um sistema que possui o intuito de integrar três diferentes subsistemas: (i) subsistema de diagnóstico, incorporado em rede, que avalia, através de sensores, a degradação e as falhas de máquinas/equipamentos, bem como prevê a necessidade de peças de reposição; (ii) subsistema de tomada de decisão, responsável pelo inventário tático de peças de reposição e pelo planejamento de distribuição de serviços de manutenção; e (iii) subsistema de planejamento operacional, o qual baseia-se em informações fornecidas pelos outros subsistemas para realizar otimizações no desempenho operacional de processos de produção, transporte e estoque. A Figura (12) ilustra o conceito de tal modelo, onde "*Manufactures*" representa as fábricas, "*Distribuition centers*", os centros de distribuição, "*Service centers*", os centros de serviço, "*Customers*", os clientes, "*Spare parts*", as peças de reposição, "*Service provider*", o provedor de serviço, "*Transport planning inventory management*", o planejamento de transporte para a gestão de estoque, "*Collaborative planning*", o planejamento colaborativo, "*Human-Computer interface*", a interface entre homem e compurador/máquina, "*Information flow*", o fluxo de informação e "*Product flow*", o fluxo de produto.

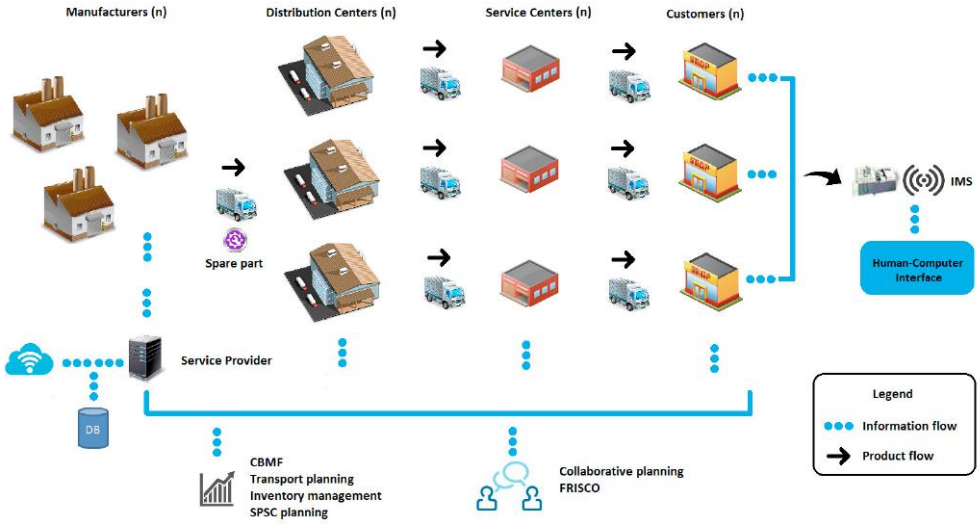


Figura 12. Modelo Conceitual I2M2SC.
Fonte: Frazzon, Silva e Pires (2016).

Moharana e Sarmah (2016) desenvolveram um estudo para controlar os estoques de peças de reposição através de uma ferramenta computadorizada denominada "*data mining*". Focaram suas análises na relação de dependência entre peças de reposição e comprovaram, através da aplicação em uma empresa real, que uma política de estoque para peças de reposição que considera a dependência entre as peças, tem o potencial de otimizar o nível de estoque, diminuindo, assim, os custos associados ao mesmo.

Keizer, Teunter e Veldman (2017) também efetuaram estudos sobre modelos de controle de estoque de peças de reposição considerando vários componentes. Focaram suas análises na implementação da manutenção do tipo preditiva (MPD) com o intuito de reduzir o número de falhas do sistema e diminuir os custos associados a manutenção do estoque de peças de reposição. Dessa forma, através de aplicações numéricas, concluíram que um modelo ideal para sistemas de estoque que possuem múltiplos componentes deve basear-se em diversos dados, tais como: o estado de cada componente; o número de peças de reposição; o tamanho; e a hora de chegada de cada pedido pendente (*lead time*). Tais informações devem ser consideradas com o intuito de minimizar os custos atrelados ao estoque de peças de manutenção.

Lima (2017) expõe três modelos distintos para gestão de estoque de peças de reposição. Tais modelos se diferenciam de acordo com a demanda da peça: peças de consumo em massa, de baixo giro e de baixíssimo giro.

Para as peças de consumo em massa, o modelo evidenciado é o de RP o qual possui como parâmetros o ponto de ressuprimento ou ponto de pedido (PP) e uma quantidade fixa de pedido Q. Dessa forma, determina o ES e o PP para o modelo através de duas Equações (2) e (3):

$$ES = kS_{DTR} \qquad \text{Eq. (2)}$$

$$PP = DTR + ES \qquad \text{Eq. (3)}$$

Onde S_{DTR} é dado pelo desvio padrão da demanda no tempo de ressuprimento, DTR, a demanda no tempo de ressuprimento ou *lead time*, e k o fator de segurança, o qual é obtido através das tabelas de distribuição Normal Padrão de acordo com o nível de serviço definido para a peça em questão.

Para as peças de baixo giro, o autor demonstra que a demanda não é mais considerada de acordo com a distribuição de probabilidade Normal Padrão, e sim pela distribuição de Poisson, a qual pressupõe independência entre os períodos para análise da demanda da peça de reposição. Dessa forma, o modelo aplicado para peças com esse perfil de demanda é o de RC, sendo o PP definido através da Equação (4):

$$PP = (\alpha LT) + k\sqrt{\alpha LT} \quad \text{Eq. (4)}$$

Onde α é a taxa de consumo histórico por unidade de tempo, k o fator de segurança, obtido pelo nível de serviço determinado para a peça, de acordo com a tabela de função de densidade de probabilidade de Poisson, e LT o *lead time*.

Já para as peças de baixíssimo giro, como a demanda é ínfima, utiliza-se um modelo binário que avalia o custo de estocar apenas uma unidade ou zero unidades da peça em questão. Dessa forma, tem-se que os custos para zero estoque e para uma unidade de estoque são respectivamente, obtidos pelas Equações (5) e (6):

$$C_{TO} = \alpha C_{TR} + C_{IP} \quad \text{Eq. (5)}$$

Onde α é o consumo médio histórico por unidade de tempo, C_{TR} o custo total de ressuprimento, ou custo de pedido, e C_{IP} o custo de indisponibilidade e penalidade devido à falta, ou seja, o custo de falta.

$$C_{T1} = [(1/1+\alpha R) * C_{TR} i] + [C_{TR}\alpha] + [C_{IP}\alpha * (1-(1/1+\alpha R)] \quad \text{Eq. (6)}$$

Onde i é dado pelo custo de oportunidade ao ano e cada porção da equação representa, respectivamente, o custo de oportunidade de capital, para manter a peça de reposição no estoque, o custo de ressuprimento ou o custo de pedido, e o custo de indisponibilidade e penalidade, dado pelo custo de falta.

Dessa forma, o último modelo apresentado pelo autor expõe que a decisão de se manter uma ou nenhuma peça de reposição em estoque para um item de baixíssimo giro, se dá através da análise dos custos expostos C_{T0} e C_{T1}.

Com base nos conceitos explicitados ao longo de toda a revisão bibliográfica, foram elencados os elementos considerados de maior relevância para a gestão de estoque de peças de reposição. Sendo assim, os modelos apresentados foram analisados de acordo com cada um destes elementos (Quadro 5), onde a marcação "x" representa que o modelo considera o mesmo em sua conceituação.

Quadro 5. Modelos de Gestão de estoque de peças de reposição versus elementos considerados.

Modelos versus elementos	Elwany e Gebraeel (2008)	Wang (2012)	Zanjani e Nourelfath (2014)	Jiang et. al (2015)	Frazzon et al. (2016)	Moharana e Sarmah (2016)	Poppe et al. (2017)	Keizer et al. (2017)	Lima (2017)
Tipo de manutenção	MP e MC	MP		MP e MC			MP e MC	MPD	
Intervalo de aplicação de manutenção		x		x					
Investigação de custos de	x	x	x	x		x	x	x	x

estoque									
PP									x
Intervalo de pedido	x	x			x				
Quantidade de pedido		x					x		x
Lead time								x	x
Política de estoque				RP					RP e RC
Taxa de nível de serviço									x
ES									x
Demanda			X	x	x				x
Utilização de *software*				Simulador *(I2M2SC)*		*Data mining*			
Característica/ diferencial do modelo	Sensor de degradação	*Delay time*	Empresa prestadora de serviço	Deterioriz ação das peças	Integração de sistemas	Dependên cia entre peças	Empresa prestadora de serviço		Modelos de acordo com a demanda

Fonte: Autoria própria (2021).

Dessa forma, tendo-se como base o objetivo principal do trabalho em questão, o Quadro (5) resume os elementos considerados para a criação de uma proposta de gestão de estoque de peças de reposição para uma empresa de motos elétricas. Sendo importante ressaltar que alguns deles poderão ter um valor maior para a construção da proposta pois: (i) são base para a definição de outros elementos; ou (ii) são mais condizentes quanto a operação da empresa objeto do estudo de caso.

O "Tipo de manutenção", o "Intervalo de aplicação de Manutenção", a "Política de estoque" e o "*Lead time*" são primordiais para a determinação do "Intervalo de pedido" e do "Ponto de Pedido (PP)". Evidentemente, também influenciam na definição da:

(i) "Quantidade de pedido", a qual possui uma peculiaridade no que tange a realidade onde o estudo será aplicado pois muitas das peças de reposição apresentam uma quantidade mínima de pedido que, financeiramente, afeta as decisões referentes a quanto e onde pedir; e

(ii) "Demanda" a qual é dada, principalmente, pelo tipo e intervalo de aplicação de manutenção. A "Taxa de nível de serviço" é um elemento relevante uma vez que a cultura da empresa onde o estudo será aplicado julga a satisfação do cliente como sendo um dos principais requisitos para o sucesso do negócio. Sendo assim, o "ES" é um elemento considerado para garantir que os pedidos dos clientes sejam sempre atendidos.

Por fim, a "Utilização de *software*" e a "Característica/diferencial do modelo" são elementos que irão proporcionar suporte e individualidade a proposta que compõem o objetivo principal do presente trabalho.

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Este capítulo aborda a metodologia de pesquisa adotada para a realização do trabalho em questão. Assim sendo, expõe-se todas as técnicas e procedimentos realizados para o atingimento do objetivo geral do estudo de caso.

No contexto científico, metodologia pode ser compreendida como o estudo da organização e dos passos que devem ser seguidos para realizar uma pesquisa ou estudo. Etimologicamente, significa "o estudo dos caminhos e dos instrumentos utilizados para realizar uma pesquisa científica". Além disso, vai além da simples descrição dos procedimentos, a metodologia indica a escolha teórica utilizada pelo pesquisador para abordar o objeto de estudo (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Segundo Cauchick (2007) é com base na formulação do problema de pesquisa que se define a abordagem metodológica que será utilizada na mesma. Tendo isso em vista, a determinação das abordagens, dos métodos e técnicas de pesquisa deve ser realizada em um ambiente ainda teórico e conceitual.

Gerhardt e Silveira (2009) identificam diferentes tipos de pesquisa de acordo com a sua abordagem, natureza, objetivos e procedimentos (Quadro 6).

Quadro 6. Tipos de pesquisa.

Abordagem	
Qualitativa	Quando não há preocupação com a representatividade numérica.
Quantitativa	Quando os resultados da pesquisa podem ser mensurados.
Natureza	
Básica	Objetiva gerar conhecimentos novos para o avanço da ciência, sem aplicações práticas obrigatórias.
Aplicada	Baseia-se na solução de problemas específicos e possui o intuito gerar conhecimentos para aplicação prática envolvendo verdades e interesses locais.
Objetivos	
Exploratória	Possui o objetivo de construir hipóteses ou tornar um problema mais explícito.
Descritiva	Possui o intuito de descrever fatos e fenômenos de determinada realidade.
Explicativa	Objetiva explicar, através de resultados, o porquê da ocorrência de determinados fenômenos.
Procedimentos	
Experimental	Quando o estudo e a realização de experimentos são o foco principal da pesquisa.
Bibliográfica	Quando o estudo se baseia unicamente na pesquisa bibliográfica para adquirir conhecimento sobre o problema que se procura resposta.
Documental	Similar a pesquisa bibliográfica, mas o estudo não necessariamente provém de livros e artigos científicos, mas de quaisquer fontes de informação.
De campo	Quando são realizadas coletas de dados no local em que se verifica a problemática.
Survey	Quando se busca informação diretamente com um grupo de interesse a respeito dos dados que se deseja obter para analisar o problema abordado.
Estudo de caso	Caracterizado como sendo o estudo de uma entidade bem definida que visa solucionar uma problemática através da investigação da mesma.

Fonte: Baseado em Gerhardt e Silveira (2009).

O trabalho em questão classifica-se em uma pesquisa do tipo estudo de caso em que a abordagem predominante é a qualitativa, natureza aplicada e com objetivo exploratório, tendo em vista que o intuito final é a construção de uma proposta de gestão de estoque para peças de manutenção em uma empresa de motos elétricas.

Cauchick (2007) sugere etapas sequenciais a serem seguidas para a condução de um estudo de caso bem estruturado e de qualidade. À vista disso, para a realização do planejamento da pesquisa foi utilizado como base tal conteúdo defendido pelo autor, mostrado na Fig. (13).

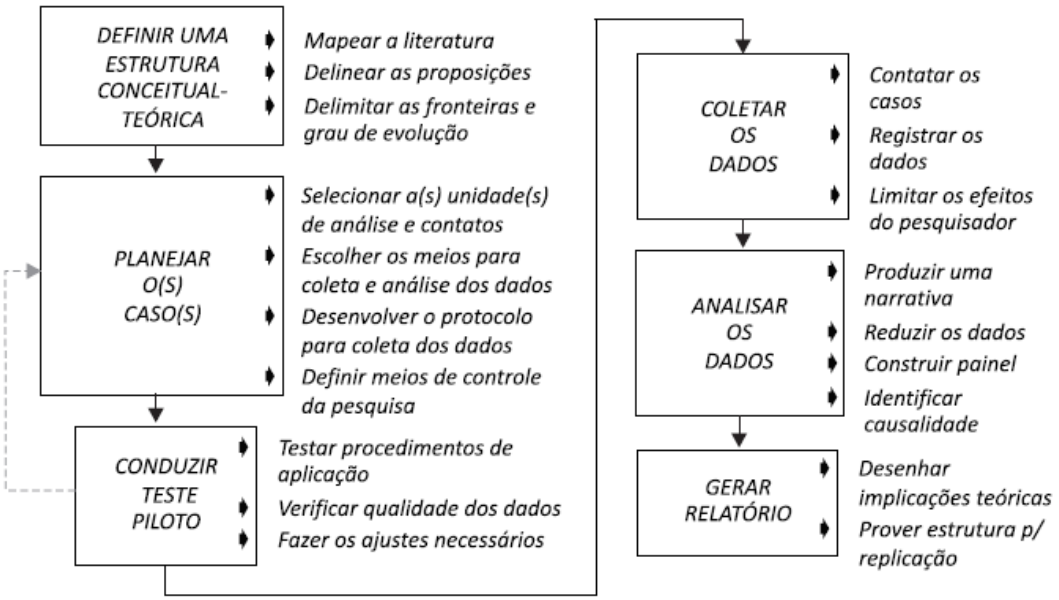


Figura 13. Condução da Pesquisa.
Fonte: Cauchick (2007).

Com base na Figura 13, o planejamento da pesquisa foi realizado conforme mostrado no Quadro (7). Nele, são elencadas as etapas estabelecidas, o capítulo em que foram efetuadas e o resumo das atividades executadas no projeto.

Quadro 7. Etapas da pesquisa.

Etapas da pesquisa	Capítulo	Resumo das atividades
Escolha do estudo de caso	1. Introdução	• Pesquisa e escolha do tipo de caso; • Determinação do local de aplicação da pesquisa.
Estudo conceitual e teórico	2. Referencial Teórico	• Realização da revisão bibliográfica de acordo com o tema de estudo da pesquisa.
Determinação de técnicas e procedimentos para coleta de dados	3. Metodologia de pesquisa	• Estudo e escolha de quais instrumentos e métodos são úteis e aplicáveis para captar informações que auxiliem na solução do problema foco do estudo de caso.
Construção de protocolo de pesquisa	4. Desenvolvimento	• Construção de um protocolo de pesquisa que descreva todos os procedimentos necessários para a coleta de dados.
Aprimoramento do protocolo de pesquisa	4. Desenvolvimento	• Desenvolvimento de um teste piloto do protocolo de pesquisa para identificar melhorias e ajustes antes da aplicação no caso.
Coleta de dados	4. Desenvolvimento	• Coleta e apuração dos dados na empresa de

		acordo com o protocolo de pesquisa.
Análise dos dados	4. Desenvolvimento	• Investigação dos dados coletados tomando-se como base a literatura estudada.
Construção de proposta	4. Desenvolvimento	• Construção de uma proposta de gestão de estoque de peças de manutenção para a empresa.
Conclusão do estudo	5. Conclusões	• Término do estudo e formulação das conclusões.

Fonte: Autoria própria (2021).

De acordo com o Quadro 7, na primeira etapa do estudo de caso, “Estudo conceitual e teórico”, foi realizada uma pesquisa aprofundada sobre toda a bibliografia referente ao tema de “Gestão de estoque de peças de reposição para manutenção”. Para isso, foram utilizadas bases on-line nacionais e internacionais tais como: *Web of Science* (Wos), Portal de periódicos da Capes e Google Scholar. As palavras chaves utilizadas foram: “manutenção”; “gestão de estoque”; “peças de reposição”; “manutenabilidade”; e “confiabilidade”, assim como suas traduções para o inglês: "maintenance"; “inventory management”; "spare parts"; "Maintainability"; e “reliability”, com o intuito de obter uma gama ainda maior de resultados de pesquisa e fontes de estudo.

Na segunda etapa, referente a escolha do caso, foi decidido o local em que o tema selecionado poderia ser abordado com precisão. A empresa escolhida é uma empresa que desenvolve, produz e loca motos elétricas para uso profissional, possuindo como principal diferencial de mercado o seu modelo de negócio em que os clientes adquirem a moto por meio de contratos de locação. Sendo assim, fica a cargo da empresa todo o processo de manutenção do produto.

Nesta etapa, também foi realizada uma conversa informal com os executivos sêniors da empresa para alinhar o objetivo do estudo de caso e a confidencialidade dos dados do negócio utilizados para a pesquisa. Além disso, um dos fatores de relevância para a escolha do local de aplicação do estudo de caso foi o fato de a pesquisadora ser estagiária da empresa. Dessa forma, antes mesmo do início da coleta de dados, foi possível realizar uma análise geral de como funciona o planejamento da manutenção e a gestão de estoque no local, o que contribuiu para o planejamento da investigação efetuado nas próximas etapas.

Cauchick (2007) defende a aplicação de diferentes fontes de evidência com o intuito de aplicar a “técnica da triangulação”, a qual sugere que analisar a iteração existente entre as diversas fontes de evidência torna a análise mais crítica e de maior qualidade. Tendo isso em vista, na terceira etapa, definiu-se os tipos de instrumentos e métodos para a coleta de dados que gerassem informações de relevância para o estudo em questão. Determinou-se, assim, a utilização de: (i) entrevistas estruturadas, semiestruturadas e não estruturadas, aplicadas a diversos níveis funcionais da empresa, com o intuito de observar as diferentes perspectivas

perante o tema estudado; (ii) análise documental; (iii) visitas *in loco* e *in modus operandis*, como meios para coleta de dados.

Com base nos tipos de instrumentos e métodos definidos para a coleta de dados, foi elaborado um protocolo de pesquisa e definida a forma como seria aplicado. Tal Protocolo foi construído com o intuito de testar a coleta de dados antes da aplicação na empresa. Dessa forma, através dele foi possível analisar com cautela quais informações os instrumentos de coleta de dados escolhidos recolheriam, bem como reformulá-los de acordo com as melhorias identificadas.

Após, com o protocolo de pesquisa formulado e aprimorado, foi possível iniciar a coleta e a apuração dos dados na empresa. É importante evidenciar que, mesmo a pesquisadora sendo estagiária na organização em que o estudo foi aplicado, procurou manter-se imparcial ao longo da etapa de coleta de dados.

Tendo feito isso, a análise dos dados coletados foi realizada. Essa etapa permitiu identificar dados e informações que gerassem conhecimento para o desenvolvimento da proposta de gestão de estoque de peças de manutenção na empresa, objetivo principal do trabalho em questão. Assim sendo, a análise de dados foi comparada com a teoria estudada na revisão bibliográfica e, dessa forma, melhorias para o modelo de gestão de estoque de peças de manutenção aplicado no negócio foram elaboradas de acordo com a realidade de produção, modelo de negócio e peculiaridades da empresa.

Por fim, tendo como base todo o processo e as etapas realizadas no estudo de caso, conclusões e considerações finais foram formuladas para a pesquisa.

4. DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO DE CASO

Este capítulo apresenta, detalhadamente, o desenvolvimento do estudo de caso, tendo como base os capítulos anteriores. Primeiramente, tem-se o aprimoramento dos meios de coleta de dados por meio da aplicação do protocolo de pesquisa, logo após, a coleta e a análise dos dados com o intuito de realizar a construção da proposta de gestão de estoque de peças de manutenção para a empresa de motos elétricas.

4.1 PROTOCOLO DE PESQUISA

4.1.1 Construção e Aprimoramento

Como explicitado no Capítulo 3, referente a metodologia de pesquisa adotada, o protocolo de pesquisa baseou-se em três principais fontes de coleta de dados: (i) entrevistas estruturadas, semiestruturadas e não estruturadas, aplicadas a diversos níveis funcionais da empresa; (ii) análise documental; e (iii) visitas *in loco* e *in modus operandis*.

Assim, o objetivo foi construí-lo de acordo com a forma que seria aplicado posteriormente na etapa de Coleta de dados. O Quadro 8 explicita os métodos utilizados para a coleta bem como sua forma de aplicação.

Quadro 8. Método de coleta de dados x Aplicação.

Método de coleta de dados	Aplicação
Entrevista	• Questionário.
Análise documental	• Exploração de dados da empresa; • Estudo de dados de *softwares* de contabilidade e gestão de estoque utilizados pela empresa.
Visitas *in loco* e *in modus operandis*	• Inspeções presencias no estoque da empresa.

Fonte: Autoria própria (2021).

Para as entrevistas, aplicou-se um questionário elaborado com base nos elementos do Quadro 5, Capítulo 2. A aplicação do questionário contou com a participação de funcionários que trabalham com atividades referentes ao estoque e que se encontram em níveis funcionais distintos de acordo com a matriz de competência da empresa. O Quadro 9 mostra o perfil de cada um dos entrevistados, a área em que trabalha, a função que executa, o tempo de empresa e as suas principais responsabilidades.

Quadro 9. Funcionários entrevistados.

Entrevistado	Área(s) em que trabalha	Função	Tempo de empresa	Responsabilidades
A	Administrativo Estoque	Operação	6 meses	• Recebimento de insumos; • Organização de documentos e de

				insumos do estoque; • Compras gerais para a empresa.
B	Mecânica Estoque	Desenvolvimento de produto	1 ano e 6 meses	• Estudo e desenvolvimento mecânico do produto comercializado pela empresa; • Organização do estoque.
C	*Sourcing* e compras Produção Estoque	Gestão	2 anos	• Estudo de fornecedores; • Compra de insumos; • Planejamento e Controle da Produção; • Organização do estoque.

Fonte: Autoria própria (2021).

Com base nessas definições, o protocolo de pesquisa foi formulado e validado com um dos funcionários objetivando captar sugestões de melhoria e testar se os dados coletados, realmente condiziam com o esperado. O funcionário selecionado para o teste do protocolo foi o funcionário B, por trabalhar tanto na área de estoque como no desenvolvimento de produto, tendo uma visão mais ampla visto que as principais atividades da empresa se concentram no projeto e na fabricação de motos elétricas.

O protocolo foi aprimorado com a adição de mais perguntas ao questionário e novos meios para a análise documental foram identificados, pois o funcionário forneceu a informação de que a empresa utiliza três *softwares* para gestão de dados de estoque. O protocolo aperfeiçoado encontra-se no Apêndice I.

4.2 COLETA DE DADOS

4.2.1 Questionário

Tendo em vista o cenário atual de pandemia, a aplicação do questionário, exposto no Apêndice I, foi realizada de forma *online*.

Primeiramente, as perguntas foram explicadas a cada um dos funcionários escolhidos, os quais obtiveram o questionário, as responderam e as enviaram posteriormente com um prazo estipulado. Após isso, os questionários foram analisados e algumas dúvidas referentes às respostas foram esclarecidas com os entrevistados.

4.2.2 Análise documental

A análise documental baseou-se nos sistemas utilizados atualmente para gestão de estoque, contabilidade e informações sobre utilização da moto. É importante ressaltar que, mesmo o princípio do projeto ser focado no estoque, a parte contábil é relevante uma vez que os custos dispendidos no mesmo fazem parte da gestão de estoque como um todo. Além disso,

entre os elementos considerados no Quadro 5 um deles também se refere a parte financeira "Investigação de custos de estoque" e os outros estão diretamente atrelados a ele.

Cinco *softwares* utilizados pela empresa foram base para a análise documental, conforme mostrado no Quadro 10.

Quadro 10. *Softwares* utilizados pela empresa x Finalidade.

Software	Finalidade
Notion	• Gestão de projetos e atividades.
Tiny ERP	• Gestão de estoque e ERP; • Gestão de pagamentos.
B-soft	• Gestão de notas fiscais (NFs) e demais documentos fiscais.
Google Drive	• Cadastramento de pagamentos e fechamento contábil com a empresa terceirizada de contabilidade.
Gestor de frotas	• Análise da localização e situação das motos.

Fonte: Autoria própria (2021).

O primeiro *software*, denominado Notion, é um espaço de trabalho *on-line* que integra quadros, tarefas, wikis e bancos de dados. Tendo isso em vista, é utilizado na empresa como uma ferramenta de gerenciamento de arquivos que oferece um espaço de trabalho unificado, permitindo que os funcionários comentem sobre projetos, participem de discussões e recebam *feedbacks* de outras pessoas. Dessa forma, por meio desse software é possível verificar quem são os responsáveis e quais são os projetos e as atividades executadas na parte do estoque de peças de manutenção.

O segundo, Tiny ERP (*Enterprise Resource Planning*), é um sistema do tipo SaaS (*Software as a Service*), ou seja, é um *software* comercializado por meio de assinatura que funciona, via Internet. Ele possui diversas funcionalidades por se tratar de um sistema ERP, sendo, atualmente, utilizado pela empresa para cadastramento de pagamentos e controle fiscal, inclusão e saída de insumos no estoque e cálculo de preço de custo de insumos do produto comercializado: a moto elétrica.

O terceiro, B-soft é um sistema que integra as notas fiscais e outros documentos fiscais, tais como: controle de transportes, notas de serviço, cupons fiscais e entre outros. Sendo assim, ele é um *software* online que, pelo número do CNPJ identifica a empresa e, automaticamente, quando um documento fiscal é emitido contra ou pela mesma, o envia para o seu *login*. Dessa forma, é usado para concentrar e organizar os documentos fiscais em apenas um local.

O quarto *software* utilizado para coleta de dados na análise documental foi o Google Drive, sendo basicamente um sistema on-line que armazena documentos em pastas. Na empresa, tem sido utilizado para armazenar os documentos relacionados a compras efetuadas, bem como aquelas realizadas para o estoque de peças de reposição, e compartilhá-los com a empresa terceirizada responsável por executar a parte contábil do negócio.

O quinto e último *software* analisado é o Gestor de frotas que foi criado pelos funcionários da área de eletrônica da empresa, sendo responsável por localizar e analisar o estado das motos em termos de localização, quilometragem de uso e bateria, por meio de chips instalados nas mesmas.

4.2.3 Visita *in loco* e *in modus operandis*

Devido ao cenário atual de pandemia, poucas visitas foram realizadas ao local. Entretanto, a empresa escolhida disponibilizou um certo número de visitas seguindo todos os cuidados de aglomeração e higienização, as quais foram feitas em horários estipulados e com tempo determinado.

Além disso, em conversas informais com os funcionários foi possível verificar como ocorriam alguns dos processos relacionados com a gestão de estoque de peças de manutenção.

4.3 ANÁLISE DE DADOS

4.3.1 Questionário

As respostas adquiridas com a aplicação do questionário (Apêndice I) aos entrevistados foram cruzadas e analisadas, originando o resultado exposto no Quadro 11 e explicado a seguir.

Quadro 11. Resultados da aplicação do questionário.

Elementos considerados no questionário	Conclusão das respostas
Tipo de manutenção utilizado	• Manutenção Corretiva; • Manutenção Preventiva.
Intervalo de aplicação da manutenção	• Manutenção Corretiva: imediatamente após à ocorrência da falha; • Manutenção Preventiva: baseado na periodicidade indicada pelo fabricante para a manutenção dos componentes que compõem o produto e também na quilometragem de uso da moto.
Custos associados ao estoque	• Custos de aquisição; • Custo de reposição.
Estoque máximo e mínimo	• Não há definição de estoques máximos e mínimos para peças de manutenção; • Estimativas de quantidades a serem compradas baseadas em dados de mercado, no *lead time*, no preço e na quantidade de quebras.
Intervalo de pedido	• Não é determinado.
Quantidade de pedido	• Análise do estoque; • Quantidade de falhas anteriores e possíveis falhas futuras; • *Lead time.*
Política de estoque	• Nenhuma se encaixa atualmente.
Ponto de pedido	• Não se encaixa.
Nível de referência	• Não se encaixa.

Elementos considerados no questionário	Conclusão das respostas
Lead time	• Realizam a análise.
Outras variáveis levadas em consideração para a realização dos pedidos	• Qualidade total do fornecedor; • Atendimento; • Qualidade das peças; • Preço; • Disponibilidade do item em estoque.
Taxa de nível de serviço	• Aplicado, porém não estruturado.
Estoque de segurança	• Não aplicam; • Possuem "fornecedores de segurança".
Demanda	• Não há dados individuais de tempos de falha; • Utilização de tempos de falhas dos fabricantes.
Nível de consumo	• Contagem mensal do estoque e registro em planilha eletrônica.
Utilização de *Software*	• Tiny ERP; • Notion; • Bsoft.

Fonte: Autoria própria (2021).

Para os elementos considerados “Tipo de manutenção” e “Intervalo de aplicação de manutenção” pode-se concluir que a empresa possui atividades bem estruturadas para a execução de dois tipos de manutenção: Corretiva e Preventiva. Sendo a Manutenção Corretiva realizada imediatamente após à ocorrência da falha de um item na moto, e a Preventiva realizada, periodicamente, de acordo com o tempo indicado de manutenção (MTTF ou MTBF, a depender do item), determinado pelo fornecedor da peça de reposição, e pela quilometragem de uso da moto.

Com relação ao elemento “Custos associados ao estoque”, os entrevistados responderam que os custos considerados atualmente pela empresa são apenas os custos de aquisição e de reposição de item. Entretanto, não possuem nenhum local consolidado para registro.

Já para o elemento “Estoque máximo e mínimo” alegou-se que não existe a determinação de quantidades máximas nem mínimas para o estoque das peças de reposição. Todavia, os funcionários disseram ser um ponto importante a se considerar na gestão de estoque, tanto geral como de peças de reposição da empresa, mas que, atualmente, existem apenas estimativas das quantidades dos itens, as quais são baseadas em informações diversas, tais como: situação do mercado, *lead time*, preço e quantidade de quebras da peça.

O “intervalo de pedido” é um elemento que não é determinado e as peças de reposição, geralmente, são pedidas junto com a compra de insumos para produção de um novo lote de motos. Dessa forma, tais itens não possuem “Quantidade de pedido” exatas, sendo esta determinada de acordo com uma análise do quanto do item se tem em estoque, bem como da quantidade de falhas anteriores, possíveis falhas futuras e tempo de reposição da peça.

Importante ressaltar que tal análise de falhas não é realizada baseada em dados, e sim, no conhecimento e na experiência dos funcionários.

Considerando o elemento "Política de estoque", alegou-se que nenhuma das políticas explicitadas (Reposição Contínua e Reposição Periódica) se encaixa na gestão de peças de reposição atual da empresa. Visto isso, os dois elementos "Ponto de pedido" e "Nível de referência" também não foram abordados como resposta do questionário. Entretanto, os funcionários explicitaram que a gestão de estoque de peças gerais, aquelas utilizadas para a produção da moto, poderia ser comparada a uma Política do tipo Reposição Periódica, com o estoque máximo variando de acordo com as quantidades de motos fabricadas definidas pelos lotes de produção.

O "*Lead time*" é um elemento bastante considerado nos pedidos realizados para as peças de reposição, pois tais peças são requisitadas junto as peças de produção, as quais são utilizadas para a fabricação de motos com prazos para entrega. Além disso, segundo os funcionários, "Outras variáveis levadas em consideração para a realização dos pedidos", as quais são registradas, de forma aleatória, no *software* Notion, são elas: qualidade total do fornecedor (em termos do produto adquirido e da assistência proporcionada), qualidade do atendimento ao realizar a compra, qualidade das peças em si, preço e disponibilidade do item em estoque.

A "Taxa de nível de serviço" foi um elemento em que a resposta dos funcionários divergiu, dois deles afirmaram que era levado em consideração e outro, que não. Para os que alegaram ser levado em consideração, foi questionado "como". Os mesmos não souberam responder com precisão, mas apenas disseram que tentam, ao máximo, entregar as motos em manutenção no prazo para os clientes. Assim sendo, considerou-se que tal elemento é considerado na gestão de estoque de peças de reposição, porém, não está estruturado.

Já para o elemento "Estoque de segurança" a empresa não realiza tal análise. Todavia, dispõem de "Fornecedores de segurança", ou seja, caso o fornecedor padrão não consiga fornecedor os itens na quantidade ou no prazo estipulado, eles solicitam as peças a um fornecedor "reserva" com prazo de fabricação ou entrega menor.

A "Demanda" das peças de reposição, por sua vez, não possuem dados individuais de tempos de falhas, pois os itens utilizados possuem esses dados de fábrica (MTTF ou MTBF). Dessa forma, como explicitado na análise do "Intervalo de manutenção", a demanda das peças de reposição também é definida pelos fabricantes.

Na análise do "Nível de consumo" das peças de reposição, os funcionários alegaram que o estoque é contado mensalmente e registrado em uma planilha eletrônica, mas que tais valores não são utilizados para estudos ou determinação de tomadas de decisão futuras sobre os itens de reposição.

Por fim, para o elemento "Utilização de *Software*", os funcionários responderam que para a gestão de estoque de peças de manutenção da empresa operam-se três: Tiny ERP, Notion e Bsoft. Dessa forma, os outros dois *softwares* expostos no Quadro 10 (Google Drive e Gestor de frotas), os quais também foram analisados para a construção da Proposta, atualmente, são utilizados para outros fins.

4.3.1 Análise documental

4.3.1.1 Notion

Dentro do *software* Notion têm-se dados de manutenção das motos e de compras realizadas para o estoque. Este *software* é estruturado por áreas da empresa, onde cada time trabalha inserindo dados e informações em forma de planilhas ou de texto. Os dados de duas áreas foram analisados: área de Compras/PCP (Planejamento e Controle da Produção) e área de Manutenção.

Na área de Compras/PCP existem "cartões" (como os colaboradores da empresa denominam uma tarefa) em que os dados de uma determinada compra (cotação, fornecedor, comprovante de pagamento, Notas Fiscais e entre outras informações que os funcionários julguem serem importantes) são registrados até que a compra seja entregue a empresa e o cartão seja arquivado. O arquivamento dos cartões não representa a extinção dos mesmos, apenas a alocação em um banco de dados de arquivamento. Assim sendo, tais cartões podem ser consultados, posteriormente, caso haja a necessidade.

Já na área de Manutenção, também existem cartões mostrando as atividades realizadas de manutenção nas motos, incluindo os itens trocados. Todavia, como a empresa está em processo de inserção no mercado, ainda não exerce muitas atividades de manutenção e, por isso, não possui dados suficientes cadastrados para um planejamento assertivo.

4.3.1.2 Tiny ERP

Já no Tiny ERP, averiguou-se que é um *software* robusto e que interliga a parte de gestão de estoque com a parte contábil da empresa. Atualmente, é utilizado para cadastramento de Notas Fiscais (NFs), onde é possível utilizar uma funcionalidade chamada "tag" a qual categoriza a NF incluída, porém não há a vinculação dessas notas aos produtos comprados.

Dentro do Tiny é possível dividir o estoque em "sub-estoques", denominados de "depósitos". Assim sendo, na análise realizada, verificou-se que a empresa possui cadastrado seis tipos distintos de depósitos, são eles:

(i) Ativo - Moto: serve para inclusão da quantidade de motos fabricadas, ou seja, refere-se às motos produzidas pela empresa;

(ii) Ativo - Imobilizado: refere-se a todos aqueles itens imobilizados pela empresa, como por exemplo: computadores, mesas, geladeiras, ar condicionados, entre outros (fiscalmente, são julgados como itens que possuem um valor maior que R$1.200,00 e que são depreciáveis);

(iii) Desenvolvimento - Amostras: onde devem ser cadastrados os produtos comprados para o desenvolvimento do produto;

(iv) Eletrônica: refere-se aos itens eletrônicos comprados que compõem a placa central da moto elétrica ou outros eletrônicos em que há necessidade de realizar alguma modificação para o uso no depósito Geral;

(v) Geral: refere-se, basicamente, a todos os insumos comprados para a produção da moto (em exceção dos eletrônicos, como mencionado no depósito anterior); e

(vi) Manutenção: onde devem ser cadastrados todos os itens comprados para a Manutenção das motos.

É importante ressaltar que tais depósitos existem, porém, os produtos não estão devidamente cadastrados dentro deles. Dessa forma, a gestão por depósito disponibilizada por este *software* não é realizada sendo usufruído, basicamente, apenas para o cadastramento de NFs.

4.3.1.3 Bsoft

É por meio do *software* Bsoft que a empresa recebe, automaticamente, os documentos fiscais que foram emitidos por e contra a mesma, a exceção dos Cupons fiscais (diferente das NFs, pois reúne menos informações, sendo emitido apenas para o consumidor final como comprovante da compra) os quais possuem uma chave de acesso para que sejam cadastrados no mesmo.

Dessa forma, na análise, verificou-se que as compras realizadas, inclusive as peças de manutenção, são controladas por meio desse *software*. Os funcionários, ao realizarem as compras, são orientados a sempre emitir Notas ou Cupons Fiscais com o CNPJ da empresa para que os documentos fiscais cheguem no Bsoft. No caso dos Cupons Fiscais, esses devem ser enviados aos funcionários de contabilidade para que sejam cadastrados.

Assim, a área de contabilidade mantém-se informada sobre todas as compras incluindo-as, através das Notas ou Cupons Fiscais, no Tiny ERP.

4.3.1.4 Google Drive

O Google Drive é utilizado, basicamente, para registro das informações financeiras e fiscais da empresa, tais como Notas Fiscais, Cupons Fiscais, Controle de Transporte, e planilhas, em geral. Tais dados são retirados do *software* Bsoft, ou adquiridos por meio de PDFs por e-mail ou outro meio de comunicação digital, e cadastrados no Google Drive como uma forma de compartilhá-los com outras pessoas que não tenham acesso ao Bsoft nem ao Tiny ERP.

Sendo assim, tais documentos são organizados em pastas, divididas por ano e mês, pois sua principal função é arquivar os documentos compartilhando-os com a contabilidade terceirizada, a qual realiza a análise mensal do fechamento financeiro do negócio.

4.3.1.5 Gestor de frotas

O último *software* analisado, o Gestor de frotas, primeiramente foi criado com o objetivo de apenas examinar a localização das motos por meio de chips instalados nas mesmas. Entretanto, com o desenvolvimento de novas tecnologias e domínio dessas pelos funcionários da empresa, o *software* tem sido aprimorado para gerenciar informações como: quilometragem rodada pelas motos, quantidade de paradas, quantidade de subidas realizadas, situação atual da bateria e quantas vezes a mesma teve de ser trocada.

É importante ressaltar que os chips instalados nas motos são terceirizados e alugados de outra empresa. Dessa forma, é pago uma mensalidade para cada chip, que possui determinada quantidade de Gigabytes, os quais são instalados nas motos e vinculados ao *software* Gestor de frotas.

4.3.2 Visita *in loco* e *in modus operandis*

Atualmente, a empresa opera no setor de indústrias e é dividida em, basicamente, duas áreas: uma interna e outra externa, onde os funcionários realizam suas atividades.

A área interna é o local em que os funcionários têm acesso a computadores e salas de reunião, cada um possui o seu próprio computador ou notebook e sua mesa. Na área interna, operam, majoritariamente os times de contabilidade, boa parte do time de eletrônica e mecânica no que tange a necessidade de desenvolvimento computacional.

A área externa conta com um galpão, onde encontram-se impressoras 3D utilizadas para impressão de determinadas peças da moto, peças de estoque, locais para operação mecânica, como solda e cortes, locais para produção de submontagens e baias para a montagem total e manutenção das motos.

Todo o local é sinalizado com o nome das áreas e um QR *Code*, o qual, por meio da câmera do celular, é lido interligando e abrindo na página da área correspondente no *software* Notion.

No que tange a organização do estoque, observou-se que os produtos estão organizados em prateleiras sinalizadas com o nome das peças. Atualmente, o estoque é dividido em duas partes: uma voltada para as peças utilizadas para submontagens da moto e outra, para produção. Peças utilizadas para submontagens são aquelas que devem ser operacionalizadas (crimpados cabos, realizados cortes e entre outras ações), antes de irem para a produção.

Dessa forma, verificou-se que as peças de reposição não são visualmente separadas no estoque. Além disso, os funcionários, ao realizarem a manutenção nas motos, adquirem as peças que necessitam, sem o controle das quantidades que são para produção das, para manutenção.

4.4 CONSTRUÇÃO DE PROPOSTA

Com base no resultado da análise de dados, foi possível averiguar que a empresa, atualmente, não contempla todos os elementos considerados de maior relevância para uma gestão de estoque de peças de reposição, conforme elencados no Quadro 5. Entretanto, nem todos estes elementos se encaixam na realidade atual do negócio, não sendo vistos como constituintes necessários para que se aplique uma gestão de estoque de peças de reposição que traga resultados positivos à empresa.

Assim sendo, a proposta construída baseou-se em sanar dois principais problemas verificados na gestão de estoque para peças de reposição da empresa, são eles: (i) a necessidade de integração dos *softwares* utilizados; e (ii) a necessidade de se registrar informações julgadas como importantes para tomadas de decisões futuras referente ao estoque de peças de reposição.

4.4.1 Integração de *softwares* para Gestão do estoque de peças de reposição

Após a análise de como o Tiny ERP, o Bsoft e o Google Drive são utilizados, observou-se que a integração dos mesmos tornaria as funcionalidades deles mais proveitosa. Tendo isso em vista, o ponto chave para esta parte da proposta foi o cruzamento de informações disponibilizadas por esses três *softwares*, o qual tornaria possível a determinação do cálculo de elementos necessários para a gestão do estoque de peças de reposição.

O Apêndice II e III demonstram, de forma total e segregada, respectivamente, o funcionamento desses *softwares* de forma integrada, junto com as atividades realizadas pelo funcionário responsável pelo estoque na empresa.

O processo de funcionamento proposto ocorre da seguinte forma: um item comprado chega, através de sua Nota Fiscal, ao *software* Bsoft e é lançado no Tiny ERP por meio da

mesma, a qual, utilizando a funcionalidade das “tags” deve ser categorizada com a “tag” de “Compra para manutenção”. Dessa forma, essa informação fica disponível para ser pesquisada posteriormente, em caso de necessidade.

Após isso, sugere-se que a Nota Fiscal seja vinculada a uma peça de reposição cadastrada no *software* Tiny, que possui um determinado número (tal número é gerado pelo próprio Tiny ERP), denominado de “PN Origem”. A vinculação desta nota a essa peça de reposição, automaticamente, lançaria a quantidade comprada e o preço de custo do mesmo no depósito escolhido, no caso, o depósito de manutenção.

Dessa forma, seriam registradas as informações sobre a quantidade total estocada e o custo médio de cada uma das peças de reposição em um determinado período.

Tais dados são base para que uma Curva ABC seja calculada, com o intuito de classificar os itens de manutenção em três grupos distintos, conforme o Quadro 12.

Quadro 12. Classificação ABC das peças de reposição.

Classificação	Interpretação
A	• Produtos responsáveis por 80% do custo total das peças do estoque de manutenção.
B	• Produtos responsáveis por 15% do custo total das peças do estoque de manutenção.
C	• Produtos responsáveis por 5% do custo total das peças do estoque de manutenção.

Fonte: Autoria própria (2021) baseado em Corrêa e Corrêa (2007).

O objetivo é além de identificar quais são as peças que compõem maior parcela do custo total do estoque de manutenção, definir o nível de serviço desejado para cada uma delas. Para isso, propõe-se um agrupamento das peças em três níveis distintos (1, 2 e 3), os quais determinam a criticidade dada de acordo com a gravidade da sua falta perante a funcionalidade da moto. O Quadro 13 indica a alocação das peças dentro desses níveis.

Quadro 13. Determinação de níveis de serviço.

Criticidade	Definição
1	• Uma peça que, caso falte, torna a moto indisponível para uso, ou seja, totalmente não funcional.
2	• Uma peça que, caso falte, ocasiona a diminuição da funcionalidade da moto, mas não a torna indisponível para uso.
3	• Uma peça que, caso falte, não afeta a funcionalidade da moto.

Fonte: Autoria própria (2021).

Dessa forma, o agrupamento em níveis poderia ser cruzado com a classificação dada pela Curva ABC possibilitando uma análise mais criteriosa para que tomada de decisões referentes ao estoque de manutenção sejam embasadas. O Quadro 14 exemplifica o cruzamento de tais informações.

Quadro 14. Classificação de peças de reposição e níveis de serviço.

Nível de serviço x Curva ABC	**A**	**B**	**C**
1	Serviço alto	Serviço médio alto	Serviço muito alto
2	Serviço médio baixo	Serviço médio	Serviço médio alto
3	Serviço muito baixo	Serviço médio baixo	Serviço baixo

Fonte: Autoria própria (2021) baseado em Corrêa e Corrêa (2007).

De acordo com o Quadro 14, primeiramente é definido o nível de serviço para a peça de reposição. A título de exemplo, considera-se uma peça de alto valor agregado dentro do estoque (classificada como A segundo a Curva ABC), porém com criticidade baixa (criticidade 3 de acordo com a classificação de nível de serviço), deve possuir um nível de serviço muito baixo. Já itens com um baixo valor agregado dentro do estoque (classificados como C) e com um criticidade alta (criticidade 1) devem possuir nível de serviço muito alto. Para itens intermediários, a indicação seria para aplicação de níveis médios de serviço.

Tendo isso em vista, o próximo passo proposto consiste em calcular o Estoque de Segurança (ES), o Ponto de Pedido (PP) e o Nível de referência (NFR) já que, segundo as respostas obtidas na aplicação do questionário (Quadro 11) foi evidenciado que o estoque de manutenção não segue nenhuma política de estoque, mas que o geral se aproxima de uma Reposição Periódica (RP).

Assim, empregar uma política do tipo RP no estoque de manutenção faz sentido para que haja uma padronização das políticas dentro da empresa e diminuição de complexidade, já que, atualmente, nenhuma é exercida.

Para que tais cálculos sejam realizados é necessário separar, visualmente, o estoque geral do estoque de manutenção, e orientar os funcionários a apenas selecionarem as peças do estoque em que estão realizando o trabalho (desenvolvimento, produção ou manutenção). O processo

deve ocorrer tendo como base um questionário online (Apêndice IV) onde os colaboradores, ao retirarem ou devolverem uma peça do estoque, registram a quantidade e o PN Origem de tal peça, bem como o motivo da retirada ou devolução (a qual poderia ser para desenvolvimento, produção ou manutenção do produto). Dessa forma, semanalmente, um dos responsáveis pelo estoque efetua a baixa nos produtos retirados dentro do *software* Tiny ERP.

Além disso, para verificar se o processo está ocorrendo de forma correta (ou seja, se os itens de reposição retirados do estoque de manutenção estão sendo cadastrados), propõe-se comparar os dados do *software* Tiny ERP com a Planilha de contagem mensal do estoque. Uma vez que, no questionário aplicado no item Análise de dados, de acordo com o elemento "nível de consumo", foi respondido que o estoque é contado mensalmente e registrado em uma planilha.

Sendo assim, torna-se possível obter os dados necessários para determinação do ES, do PP e do NFR. O ES é calculado de acordo com a Equação 2, já o PP calculado de acordo com a Equação 3, ambas embasadas em Lima (2017) e explicitadas no capítulo 2 (item 2.4) do presente trabalho. Já o NFR é definido de acordo com o máximo de peça de reposição que se pode alocar no espaço físico destinado para o estoque, em vista deste ser bastante limitado.

Ademais, o *software* Tiny ERP possui a funcionalidade de inserir informações sobre estoque máximo e mínimo dos itens, explicitando alertas dentro da plataforma e enviando mensagens ao e-mail cadastrado quando o produto chega nas quantidades determinadas por tais pontos (máxima e mínima). Assim sendo, o PP deve ser cadastrado no *software* como o estoque mínimo e o NFR como estoque máximo.

Foi verificado que no *software* Tiny ERP é possível criar um usuário do tipo "externo", que tem acesso apenas às informações permitidas pelo usuário principal. Logo, existe a possibilidade de criar um "usuário externo" para a empresa de contabilidade que, hoje, possui acesso aos documentos fiscais por meio do Google Drive, e permitir que a mesma tenha acesso às informações necessárias para a análise financeira mensal do negócio. Com isto, é possível diminuir o número de dados a serem cadastrados em *softwares* distintos, extinguindo o Google Drive e aumentando a agilidade das atividades do processo.

Dessa forma, a gestão por depósito disponibilizada pelo *software* Tiny ERP tende a ser totalmente usufruída, sendo possível analisar quantos produtos há no estoque de manutenção, a quantidade máxima e mínima, saber o tempo certo de realizar atividades de compras e torná-las integradas a gestão de estoque.

4.4.2 Registro de informações para tomadas de decisões futuras sobre o estoque de peças de reposição

Ao realizar a análise de dados, verificou-se a falta do registro de informações importantes para a tomada de decisão quanto a gestão de estoque de peças para manutenção. Tendo isso em vista, e a gama de softwares que a empresa já vem utilizando propõe-se um modelo de documentação de dados nos *softwares*: Gestor de frotas e Notion.

No que tange ao Gestor de frotas, observou-se que, como o *software* possui a capacidade de localizar a moto e obter dados sobre a mesma por meio de chips instalados, sugere-se realizar o registro das informações referentes aos parâmetros de quilometragem de uso e bateria da moto. Com o monitoramento desses dados um novo tipo de manutenção pode ser adotado pela empresa: a Manutenção Preditiva (MPD). A MP permite diminuir o número de manutenções corretivas, as quais demandam mais tempo e custo para o negócio, além de serem de difícil previsão de demanda, o que torna ainda mais complexa a gestão do estoque de peças de reposição.

Com relação ao *software* Notion que arquiva boa parte das informações da empresa, propõe-se aprimorar o registro de informações de duas áreas que estão cadastradas e o utilizam: a área de Compras/PCP e a área de Manutenção.

Na área de Compras/PCP sugere-se incluir uma “Planilha de fornecedores” com colunas que explicitam os elementos respondidos no questionário (Quadro 11) para a pergunta “Quais outras variáveis são levadas em consideração para a realização dos pedidos? ”, os quais foram: (i) qualidade do fornecedor, (ii) atendimento, (iii) qualidade das peças e (iv) preço.

Propõe-se uma outra coluna contemplando quais fornecedores são considerados “fornecedores de segurança”, além de outras informações de contato sobre eles. Lembrando que também foi alegado no questionário que, atualmente, a empresa já faz a distinção de “fornecedores de segurança”, porém não registra essas informações sobre eles. Tal planilha traria uma maior produtividade para a área, pois no caso de dúvidas sobre qual fornecedor contactar, as mesmas poderiam ser sanadas apenas com os dados registrados, tornando os pedidos, tanto para o estoque de peças de manutenção, como o geral, mais eficientes e ágeis. A Figura 14 mostra um exemplo de *template* da planilha a ser incorporado no *software* Notion.

Figura 14. Modelo de planilha de fornecedores.
Fonte: Autoria Própria (2021).

De acordo com a Figura 14, os primeiros campos explicitam as informações de contato do fornecedor, são elas: nome, e-mail, telefone, endereço e CNPJ. As demais colunas são destinadas para a avaliação do mesmo.

Para a qualidade do fornecedor, propõe-se três classificações: boa, média e ruim, a qual deve ser indicada com base na análise das classificações dadas para o atendimento e qualidade das peças.

Para o atendimento, são definidas três classificações: satisfatório, caso o atendimento tenha sido bom, indiferente, caso não tenha sido algo reparável e influente no pedido, e não satisfatório, caso tenha sido um atendimento ruim.

Para a qualidade das peças, tem-se duas classificações: satisfatória e não satisfatória, não foram definidas categorias intermediárias pois observou-se que seria algo que traria dúvidas na hora de classificar. Uma peça ou é habilitada para uso ou não é, logo, foram apenas duas categorias estabelecidas.

Para o preço, propõe-se três classificações: abaixo, de acordo ou acima do preço exposto por outros fornecedores do mesmo produto.

Por fim, a última coluna da planilha de fornecedores, classifica se o fornecedor é de segurança ou não, e deve ser completada tendo como base a análise dos campos preenchidos anteriormente.

Já na área de Manutenção encontrada no *software* Notion, observou-se a oportunidade de inserir uma base de dados denominada “Relatórios de Manutenção”, onde os funcionários responsáveis deveriam registrar dados sobre as atividades de manutenção realizadas nas motos.

Um modelo de tal base de dados, com o *template* proposto para o *software* é exposto na Figura 15.

Figura 15. Modelo de Relatório de Manutenção.
Fonte: Autoria Própria (2021).

De acordo com a Figura 15, o primeiro campo do Relatório de Manutenção refere-se à identificação do cliente em que foi realizada a manutenção na moto. O segundo, faz um vínculo com a tarefa, dentro do *software* Notion, relacionada àquela manutenção, dessa forma, ao clicar na célula designada, a tarefa, cadastrada pelo funcionário para a realização de determinada manutenção, é aberta pelo *software*. Ressaltando que a empresa preza por uma cultura de rastreabilidade de dados, por isso, para todas as atividades realizadas são criadas tarefas dentro do *software* Notion.

O terceiro campo refere-se a placa da moto. O quarto campo se refere a data em que o serviço foi requisitado e o quinto expõe informação sobre o odômetro da moto, ou seja, quantos quilômetros a mesma já rodou.

O sexto campo é destinado para o tipo de manutenção (corretiva, preventiva ou preditiva). O sétimo serve para o registro dos itens que foram trocados. O oitavo campo diz respeito aos itens que estavam não conformes (pois pode ocorrer de itens estarem não conformes, porém não serem trocados por algum motivo). Por sua vez, o nono campo disponibiliza um anexo para incluir fotos (caso haja a necessidade). O décimo realiza um vínculo com o perfil, dentro do Notion, do funcionário responsável por tal manutenção. O décimo primeiro campo expõe qual é o lote de produção da moto. O décimo segundo, o dia em que o serviço foi finalizado e o relatório foi registrado (o qual pode ser distinto ou igual ao dia em que o serviço foi requisitado). Por fim, o último campo “observações" disponibiliza um local para que demais informações sejam apontadas.

Assim, é possível registrar todas as atividades relacionadas a determinada manutenção, além de analisar a quantidade de falhas por item com o intuito de aprimorar a definição da

periodicidade de manutenção corretiva programada, preventiva e preditiva, a qual, hoje, baseia-se no MTTF e MTBF dos fabricantes. Entretanto, de acordo com o uso da moto o MTTF e MTBF pode ser individual para itens de distintas empresas, pois o modo como o usuário utiliza é muito variável.

5. CONCLUSÕES

O presente estudo de caso foi desenvolvido com o intuito de realizar uma proposta de gestão de estoque de peças de manutenção para uma organização do setor automotivo, mais precisamente, uma empresa que desenvolve, produz e loca motos elétricas.

Primeiramente, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os principais temas do trabalho: estoque e manutenção. Dessa forma, definiu-se a gestão de estoque de peças de reposição, bem como sobre os principais conceitos que tal gestão abrange.

Para o desenvolvimento da proposta, foi necessário analisar como funcionam diversos processos dentro da empresa, não apenas àqueles referentes a gestão de estoque, como também, à compras, finanças, desenvolvimento e produção da moto. Sendo um dos principais desafios do trabalho compreender quais são as peças utilizadas para manutenção do produto, uma vez que, devido ao fato da empresa desenvolver e produzir a moto de forma simultânea, as peças que a compõem, muitas vezes, mudam de um projeto para o outro. Além disso, na realidade atual da empresa, as peças de reposição são compradas junto às outras utilizadas para produção e desenvolvimento da moto.

A proposta elaborada contempla a integração dos *softwares* utilizados pela empresa (Notion, Tiny ERP, B-soft, Google Drive e Gestor de frotas), a implementação de uma política de estoque do tipo RP, bem como, a realização de atividades por funcionários que trabalham em diversas áreas, e, para que seja aplicada e gere resultados, é necessário que o estoque de manutenção seja visualmente separado do, de produção. Portanto, os funcionários responsáveis pelo estoque devem realizar as ações de baixa, contagem de itens e cadastramento em planilha.

Os responsáveis pelas compras e manutenção das motos precisam adquirir a cultura de registrar as informações elencadas nas planilhas de fornecedores e de realização de manutenção, e, todos devem obter o costume de responder o questionário de saída de itens quando uma peça de reposição for retirada do estoque. Sendo importante ressaltar que, para que os funcionários obtenham o hábito de realizar as ações propostas, é fundamental que a alta direção apoie e explicite a importância dessas ações para empresa como um todo, bem como, os benefícios que serão obtidos por meio da sua realização.

Além disso, é interessante que seja realizado uma capacitação com a empresa de contabilidade, a qual, na proposta formulada, possuirá um acesso restrito, por meio de um usuário externo, ao *software* Tiny ERP. Tal capacitação, possui o objetivo de orientar como funciona o processo de visualização dos documentos fiscais em tal *software*, para que as dúvidas perante a mudança de local de análise de informações fiscais pela empresa de contabilidade sejam minimizadas.

É valido ressaltar que, apesar do estudo de caso ter sido formulado especificadamente para esta empresa de motos elétricas, é necessário analisar se o que foi proposto realmente irá condizer com a realidade do negócio, ou seja, como os funcionários irão trabalhar e como os processos irão ocorrer com a aplicação das ações sugeridas. Isto somente será realizado com a aplicação da proposta e análises de como melhorias poderiam ser implementadas na mesma, sendo assim possível identificar os resultados e aprimorá-la.

Como benefícios da aplicação da presente proposta, a empresa pode vir a obter uma gestão de estoque totalitária, tais como: diminuição de custos, agilidade no processo de compra, maior previsibilidade para realização das atividades de manutenção e uma base de dados concreta para que diversas tomadas de decisão referentes ao estoque sejam tomadas, colocando-se, assim, à frente do mercado.

Por fim, por meio da implementação da proposta, é possível verificar se a política de RP periódica aplicada é eficiente dentro do estoque de peças de reposição. Como sugestão de trabalhos futuros, a proposta formulada deve ser implementada e, além disso, pode ser adaptada para ser aplicada ao estoque geral de peças (àquelas destinadas para a produção e para o desenvolvimento da moto), fazendo com que a empresa possua uma gestão de estoque totalitária.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: Confiabilidade e mantenabilidade. Rio de Janeiro, 1994. 37 p.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos:** logística empresarial. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 609 p.

BALLOU, Ronald H. **Logística Empresarial**: transporte, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 2007. 388 p.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **BS EN 13306:2017**: BSI Standards Publication. Bsi Standards Limited, 2017. 93 p.

CAUCHICK-MIGUEL, P. A. **Estudo de caso na engenharia de produção: estrutura e recomendações para a sua condução**. Produção, 17 (1), 216-229. 2007.

CAMPOS, Eduardo Sales Bessa; REZENDE, Raphael Sodero. **Gestão de peças para MRO: estudo de caso de um operador ferroviário**. 2013.

CAMPOS, Renan Stenico; SIMON, Alexandre Tadeu. Benefícios da otimização do estoque de peças de reposição em conjunto com as operações de manutenção. **Exacta**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 63-80, 26 mar. 2019. University Nove de Julho. http://dx.doi.org/10.5585/exactaep.v17n1.8399.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações:** manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007. 668 p.

DE CARVALHO, José Mexia Crespo. **Logística**. 3. ed. Lisboa: Silabo, 2002.

ELWANY, Alaa H.; GEBRAEEL, Nagi Z.. Sensor-driven prognostic models for equipment replacement and spare parts inventory. **Iie Transactions**, [s.l.], v. 40, n. 7, p. 629-639, 25 abr. 2008. Informa UK Limited. http://dx.doi.org/10.1080/07408170701730818.

FRAZZON, Enzo Morosini; SILVA, Lucas de Souza; PIRES, Matheus Cardoso. Simulation-based performance evaluation of a concept for integrating intelligent maintenance systems and spare parts supply chains. **Ifac-papersonline**, [s.l.], v. 49, n. 12, p. 1074-1079, 2016. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.585.

FLEURY et al.. **Logística Empresarial: a perspectiva brasileira**. Rio de Janeiro: COPPEAD, 2000.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Plageder, 2009.

JIANG, Yunpeng; CHEN, Maoyin; ZHOU, Donghua. Joint optimization of preventive maintenance and inventory policies for multi-unit systems subject to deteriorating spare part inventory. **Journal Of Manufacturing Systems**, [s.l.], v. 35, p. 191-205, abr. 2015. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.jmsy.2015.01.002.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Petrobrás, 2009. 353 p.

KEIZER, Minou C.a. Olde; TEUNTER, Ruud H.; VELDMAN, Jasper. Joint condition-based maintenance and inventory optimization for systems with multiple components. **European Journal Of Operational Research**, [s.l.], v. 257, n. 1, p. 209-222, fev. 2017. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2016.07.047.

KENNEDY, W.j.; PATTERSON, J. Wayne; FREDENDALL, Lawrence D.. **An overview of recent literature on spare parts inventory.** International Jornal Of Production Economics. Sc, Usa, jun. 2002. Seção 76, p. 201-215.

LARA, Marcelo; RODRIGUES, Cristien. Desafios para a criação da área de planejamento de estoques de peças MRO. **Revista Tecnologista**, São Paulo, p. 82-88, mar. 2012. Mensal.

LIMA, Matheus Campos. **ESTRATÉGIAS DE ESTOQUE DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO: UM ESTUDO DE CASO DE UM OSRV**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MOHARANA, U.c.; SARMAH, S.p.. Determination of optimal order-up to level quantities for dependent spare parts using data mining**. Computers & Industrial Engineering**, [s.l.], v. 95, p. 27-40, maio 2016. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2016.01.024.

OLIVEIRA, Ederson Corte et al. GESTÃO DE ESTOQUE DE PEÇAS DE MANUTENÇÃO: PROPOSTA DE APLICAÇÃO DE UM MÉTODO DE GESTÃO EM UM ALMOXARIFADO DE UMA MULTINACIONAL FABRICANTE DE PEÇAS AUTOMOTIVAS, 2018.

OLIVEIRA, Otávio Marcelo Matos de. **A gestão de estoques no pequeno e médio varejo de supermercado na Bahia**: estudo sobre a influência da gestão informatizada de estoques sobre o desempenho dessas empresas sa. 2005. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005.

POPPE, Joeri; BASTEN, Rob J.i.; BOUTE, Robert N.; LAMBRECHT, Marc R.. Numerical study of inventory management under various maintenance policies. **Reliability Engineering & System Safety**, [s.l.], v. 168, p. 262-273, dez. 2017. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.ress.2017.06.012.

SANTOS, Natália Souza dos et al. MANUTENÇÃO NA INDÚSTRIA 4.0 - **Planejamento e controle da manutenção na Indústria 4.0**. 2019.

SILVA, Bruno F.A. et al. Seleção de Política de Reposição de Estoques por Teoria da Decisão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 43., 2011, Ubatuba - Sp. **Simpósio**. Rio de Janeiro - Rj: Sobrapo, 2011. p. 1-12.

SOUZA, Fernando Bernardi de; PIRES, Silvio Roberto Ignácio. Produzindo para disponibilidade: uma aplicação da teoria das restrições em ambientes de produção para estoque.: uma aplicação da Teoria das Restrições em ambientes de produção para estoque. **Gestão & Produção,** [s.l.], v. 21, n. 1, p. 65-76, 5 nov. 2013. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s0104-530x2013005000007.

SCHRAGENHEIM, Eli et al. **Supply Chain Management at Warp Speed**: integrating the system from end to end. London: Taylor & Francis Group, 2009. 208 p.

SLACK, Nigel et al. Inventory Management: What is an inventory. In: SLACK, Nigel et al. **Operations Management**. 8. ed. London: Pearson, 2016. Cap. 13. p. 432-467.

TOMAZ, Junio Fernandes. **Dimensionamento de estoques de peças de reposição com uso de simulação de Monte Carlo**. 2017.

UHLMANN, Eckart et al. MRO – Challenge and Chance for Sustainable Enterprises**. Procedia Cirp**. Berlim, p. 239-244. 2013.

VIEIRA, Darli Rodrigues; LOURES, Paula Lavorato. Maintenance, repair and overhaul (MRO) fundamentals and strategies: An aeronautical industry overview. **International Journal of Computer Applications**, v. 135, n. 12, p. 21-29, 2016.

WANG, Wenbin. A stochastic model for joint spare parts inventory and planned maintenance optimisation. **European Journal Of Operational Research**, [s.l.], v. 216, n. 1, p. 127-139, jan. 2012. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2011.07.031.

WUTTKE, Régis André; SELLITTO, Miguel Afonso. Cálculo da disponibilidade e da posição na curva da banheira de uma válvula de processo petroquímico. **Revista Produção Online**, [s.l.], v. 8, n. 4, 26 nov. 2008. Associação Brasileira de Engenharia de Produção - ABEPRO. http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v8i4.134.

ZANJANI, Masoumeh Kazemi; NOURELFATH, Mustapha. Integrated spare parts logistics and operations planning for maintenance service providers. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 158, p. 44-53, dez. 2014. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.07.012.

7. APÊNDICES

Apêndice I Protocolo de Pesquisa

COLETA DE DADOS TIPO 1 - Entrevistas estruturadas, semiestruturadas e não estruturadas.

Perguntas divididas por tema:

1. **Tipo de manutenção**

- De acordo com o Quadro 1. Que tipo de manutenção utilizam atualmente na empresa?

Resposta:

Quadro 1. Tipos de manutenção:

Conceito	Definição
Manutenção corretiva	*Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.*
Manutenção deferida	*Manutenção corretiva que não é iniciada imediatamente após a detecção da pane, mas é retardada de acordo com certas regras de manutenção.*
Manutenção preventiva	*Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.*
Manutenção preventiva predeterminada	*Manutenção preventiva realizada de acordo com intervalos de tempo ou número de unidades de uso estabelecidos, mas sem investigação prévia da condição.*
Manutenção preventiva baseada em condições	*Manutenção preventiva que inclui avaliação de condições físicas, análises e possíveis ações de manutenção subsequentes.*
Manutenção controlada ou Manutenção preditiva	*Manutenção baseada em condições, realizada de acordo com a previsão de análises repetidas ou características conhecidas e avaliação dos parâmetros significativos da degradação do item* *Permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.*

2. **Intervalo de aplicação de manutenção**

- Como é determinado o intervalo de realização dos tipos de manutenção existentes na empresa?

Resposta:

3. **Custos associados ao Estoque**

- É feito algum cálculo de custo de estoque?

Resposta:

- Caso seja feito, quais elementos, em base dos listados abaixo, são considerados?

Estoque Geral:

(i) Custos de aquisição: aqueles associados a compra de produtos estocados, como: custo de processamento; custo de preparação do processo de produção; custo de transmissão do pedido ao posto de suprimento; custo de transporte; e custo de pedido.

(ii) Custos de manutenção: custos de manutenção estão associados ao armazenamento dos produtos estocados e subdivide-se em quatro subclassificações:
Custo de espaço: refere-se ao local em que o item é armazenado e diferencia-se de acordo com a forma de obtenção do lugar, no caso se arrendado ou comprado;
Custo de risco de estoque: é representado pelas ameaças que os produtos estocados estão expostos, tais como: roubos, deteriorização, danos ou obsolescência;
Custo de capital: evidencia o montante de dinheiro que os produtos "parados", ou seja, estocados representam para a empresa. Esses são apontados como de difícil mensuração e de grande peso nos custos totais de estoque;
Custo dos serviços de estocagem: traduzem os gastos despendidos com impostos e seguros para manutenção do estoque, são mínimos e, geralmente, pouco significativos nos custos totais.

(iii) Custos de falta de estoques: associado aos custos de quando um pedido não pode ser atendido devido à falta de produtos no estoque. Depende das ações que o cliente terá perante a falta do item requisitado. É subdividido em dois tipos:
Custo de vendas perdidas: no caso em que o cliente desiste da compra; e
Custo de pedidos atrasados: quando o cliente não abdica do produto, criando gastos extras como transporte, manuseio de materiais e possível infidelização com a empresa.

Estoque de peças de reposição:

(i) Custo de falha: O custo de falha ocorre toda vez que um componente de uma máquina falha, ele geralmente é alto e inclui os custos associados a manutenção do tipo corretiva (MC), tais como: mão de obra; produção perdida; e entre outros.

(ii) Custo de reposição: ocorre quando um componente é substituído de acordo com um cronograma planejado, portanto, basicamente, é o custo regular da MP, associado a: mão de obra e custo da peça em si.

Resposta:

4. **Estoque máximo e mínimo**

- Existe a determinação de estoques máximos e mínimos das peças de manutenção?

Resposta:

- Se sim, como é feito essa determinação? Quais seriam os parâmetros base?

Resposta:

5. **Intervalo de pedido**

- Como é determinado o intervalo de pedido das peças de manutenção?

Resposta:

6. **Quantidade de pedido**

- Como é determinada a quantidade de pedido das peças de reposição?

Resposta:

7. **Política de estoque**

- Você considerada que as peças de manutenção variam de política de estoque? Ou todas seguem a mesma política?

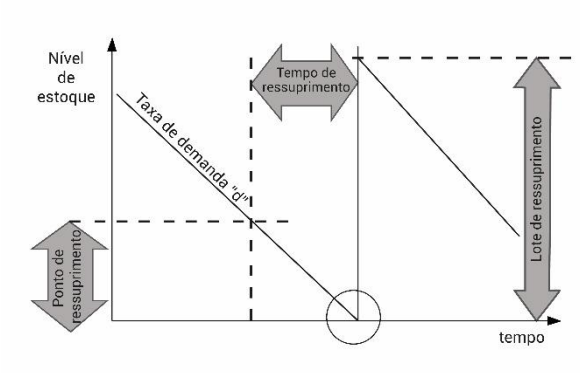
Resposta:

- Se todas se encaixarem em apenas uma política de estoque. Qual política de estoque, dentre as listadas abaixo, acredita que a empresa se encaixe hoje? RC ou RP?

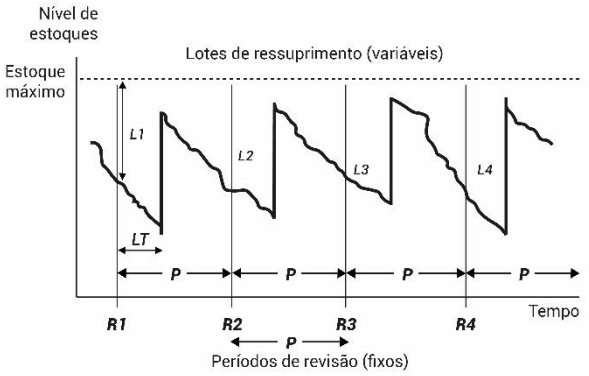
Resposta:

RC (Quantidade fixa de pedido): "RC, considerando-se uma taxa constante de demanda, é estabelecida uma variável chamada de ponto de ressuprimento, a qual serve para determinar quando um novo pedido deverá ser feito. Nele, o estoque é analisado constantemente e, quando o mesmo atinge o ponto de ressuprimento, um novo pedido, de quantidade fixa, denominada de lote econômico ou de ressuprimento, é realizado. Tendo-se em vista,

ainda, que o fornecedor leva certo tempo para entregar a quantidade pedida que irá ressuprir o estoque, o qual é denominado de "tempo de ressuprimento" ou lead time"



RP (Quantidade variável de pedido): "é indicada uma nova variável chamada de nível de referência, a qual serve para determinar a quantidade de produtos que deverá ser pedida. Nele, o estoque é analisado a intervalos fixos e a quantidade requisitada é tal qual faça com que o estoque atinja o nível de referência. Assim, a porção encomendada é variável e dependente tanto de quanto foi consumido desde a última verificação do estoque como do nível de referência estabelecido para o mesmo"



8. Ponto de Pedido (Para o caso em que se encaixa em RC)

- Como é determinada a quantidade de estoque do produto (Ponto de Pedido) em que há a necessidade de pedir mais um lote das peças?

Resposta:

9. Nível de referência (Para o caso em que se encaixa em RP)

- Como é determinado o nível de referência, ou seja, o estoque máximo que se deve ter do produto identificando a quantidade a ser pedida numa política de RP?

Resposta:

10. *Lead time*

- O tempo de ressuprimento é levado em consideração quando os pedidos são efetuados?

Resposta:

11. **Outras variáveis levadas em consideração para realização do pedido**

- Quais outras variáveis são levadas em consideração para a realização dos pedidos?

Resposta:

12. **Taxa de nível de serviço**

- Existe alguma relação no nível de serviço prestado com a gestão do estoque das peças de manutenção? Como isso é efetuado atualmente?

Resposta:

13. **Estoque de Segurança**

- Existe a determinação de algum estoque de segurança para os produtos?

Resposta:

14. **Demanda**

- É realizado algum cálculo para saber a demanda das peças de reposição?

Resposta:

- Se sim, como é feito?

Resposta:

- Existe algum dado que demonstre os tempos de falhas das peças utilizadas na manutenção?

Resposta:

15. **Nível de consumo**

- Existe algum registro do nível de consumo das peças de reposição? (Por exemplo, por ano, mês e entre outros períodos).

Resposta:

16. **Utilização de *Software***

- Utilizam algum *Software* para gestão do estoque de peças de manutenção?

Resposta:

COLETA DE DADOS TIPO 2 - Análises documentais

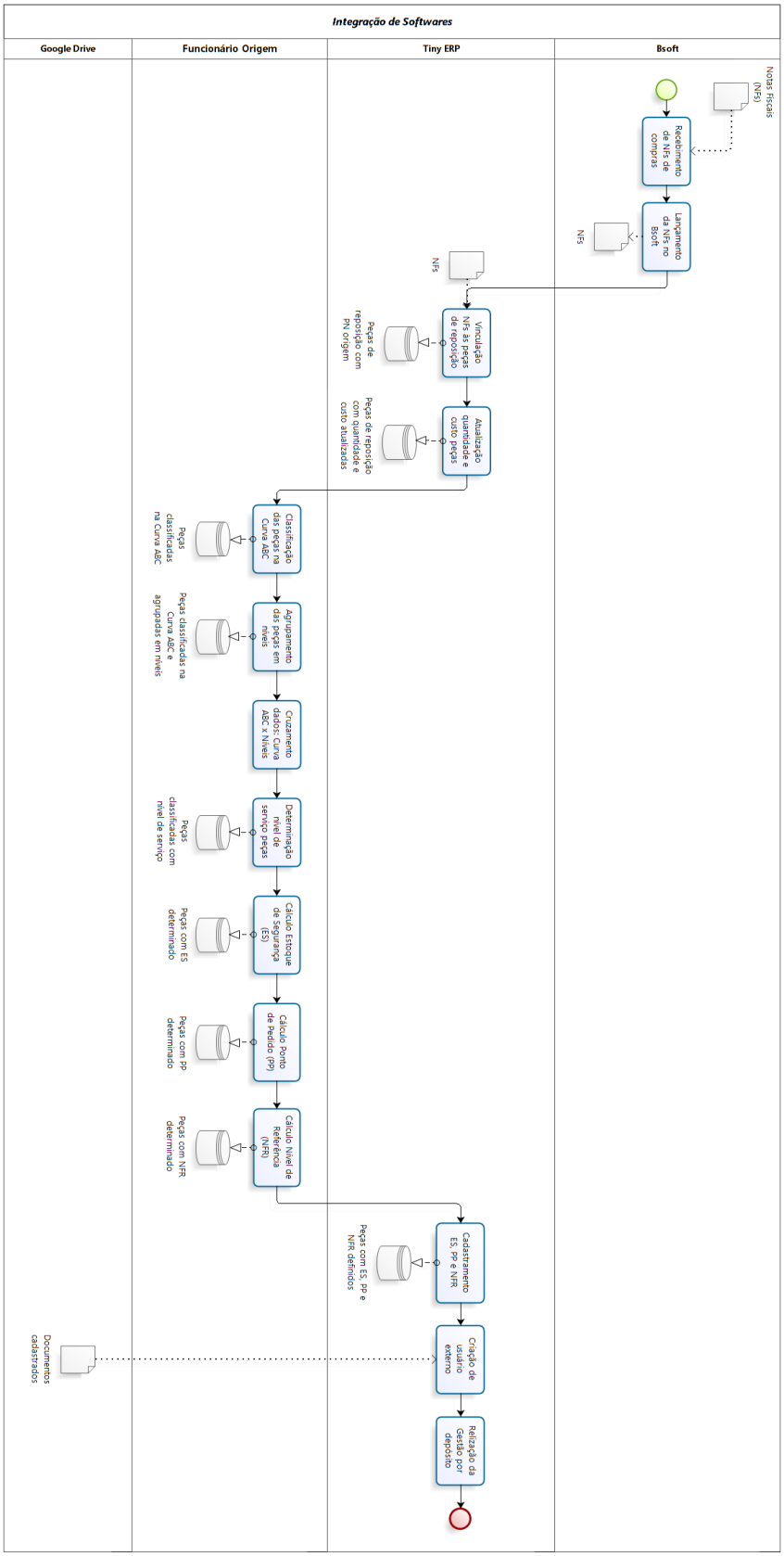
- Análise documental do *Software* Notion;
- Análise documental do *Software* Tiny ERP;
- Análise documental do *Software* Gestor de Frotas;
- Análise documental do *Software* Bsoft;
- Análise documental do *Software* Google Drive.

COLETA DE DADOS TIPO 3 - Visitas *in loco* e in modus *operandis*

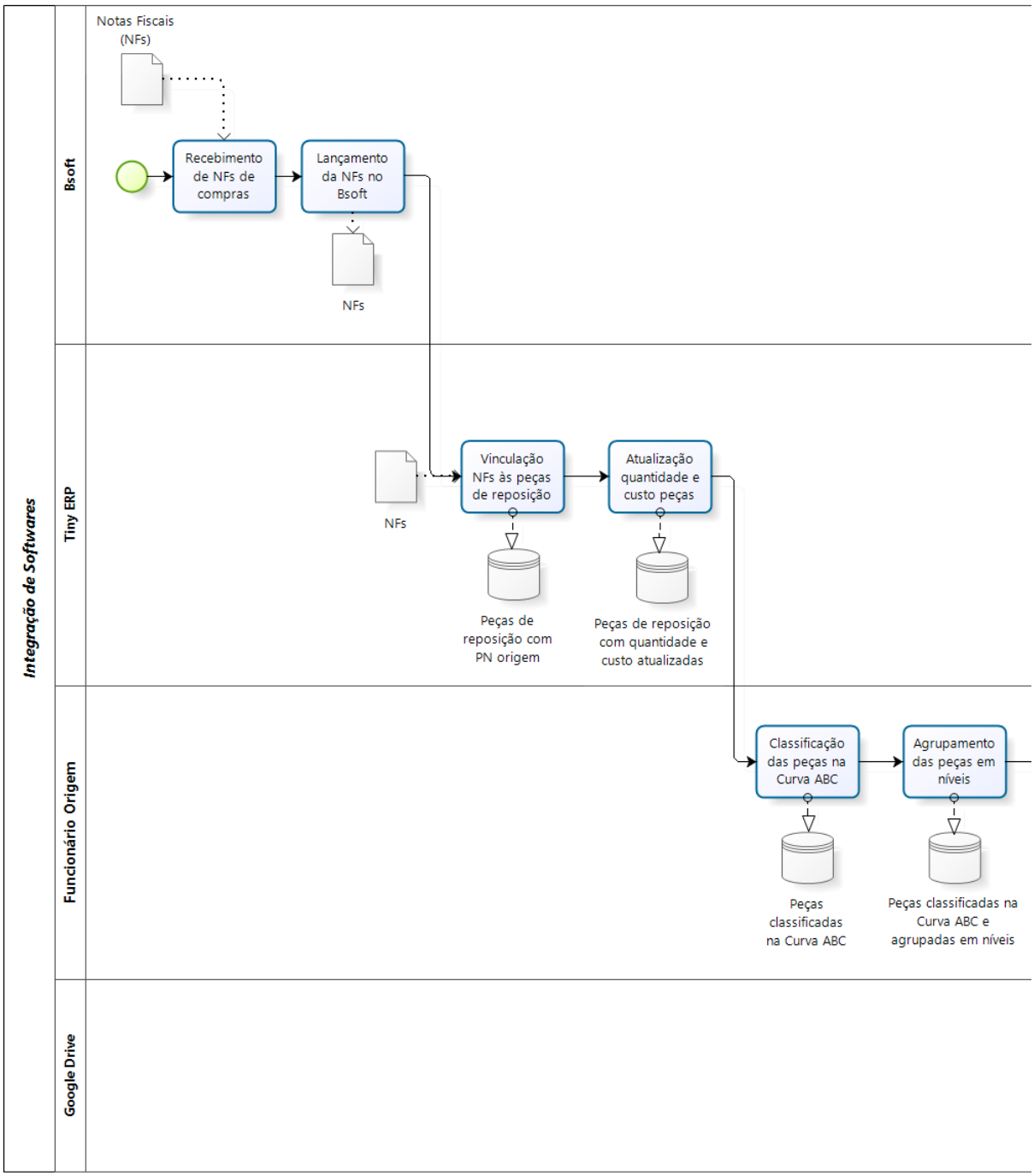
- Verificação do local:
  Ponto chave 1: Análise da organização física do estoque de peças de manutenção, se ficam separadas do estoque atual, se não ficam e entre outras análises;
  Ponto chave 2: Análise da limpeza e organização do estoque.

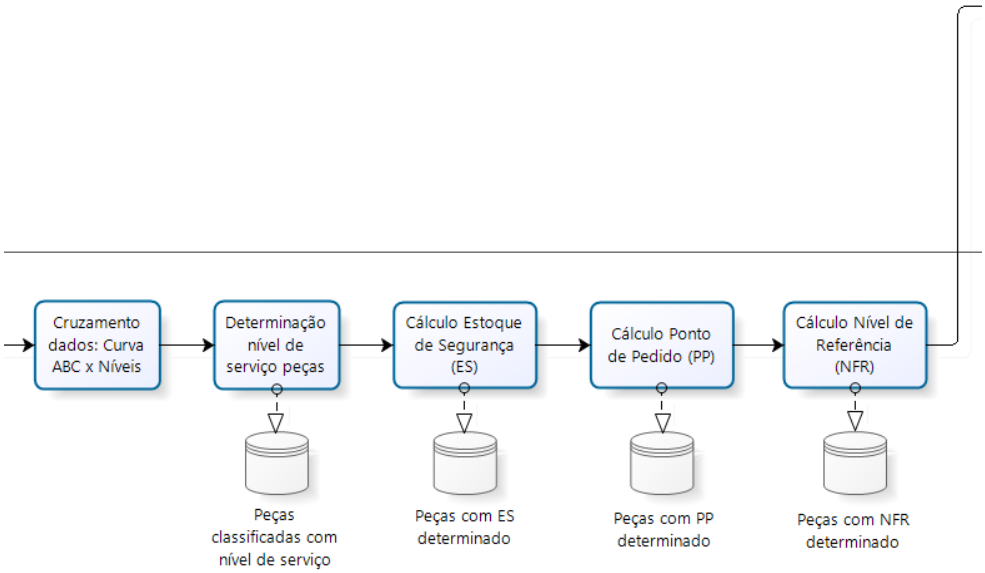
- Verificação do controle de saída do estoque pelos funcionários:
  Ponto chave 1: Análise de como eles sabem que as peças que estão retirando do estoque são peças destinadas a manutenção.

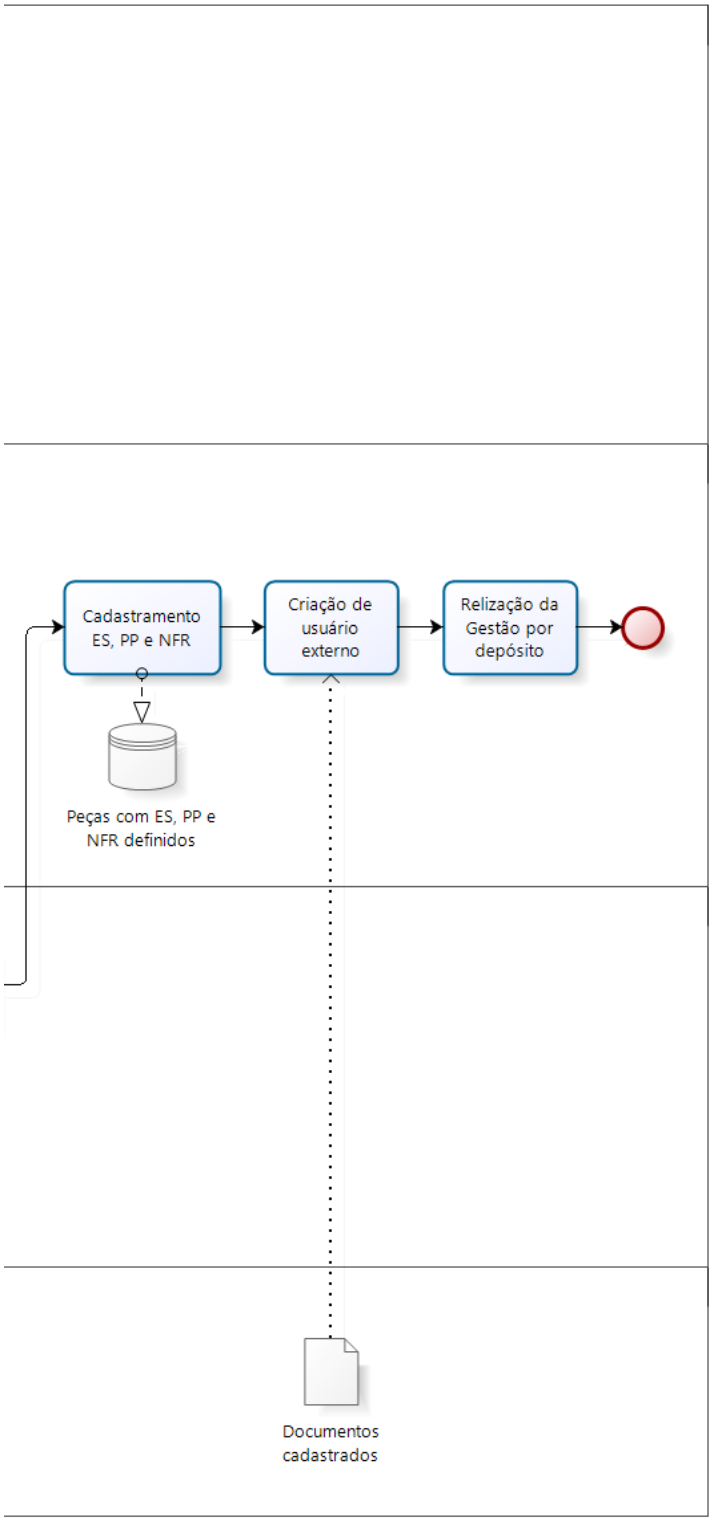
Apêndice II Mapeamento Integração de Softwares total



Apêndice III Mapeamento Integração de Softwares segregado




Cruzamento dados: Curva ABC x Níveis
Determinação nível de serviço peças
Cálculo Estoque de Segurança (ES)
Cálculo Ponto de Pedido (PP)
Cálculo Nível de Referência (NFR)
Peças classificadas com nível de serviço
Peças com ES determinado
Peças com PP determinado
Peças com NFR determinado


Cadastramento ES, PP e NFR
Criação de usuário externo
Relização da Gestão por depósito
Peças com ES, PP e NFR definidos
Documentos cadastrados

Apêndice IV Questionário de retirada / devolução do estoque

Controle de retirada / devolução do estoque

Olá funcionário! Este formulário deve ser preenchido toda vez que um item for retirado ou devolvido para o estoque, com o intuito de se obter uma gestão eficiente dos itens para que não falte insumos para a produção e manutenção das motos.

Qual é o seu nome?

Sua resposta

Realizou uma retirada ou devolução do estoque?

- ◯ Retirada
- ◯ Devolução

Qual é o nome do item retirado / devolvido?

Sua resposta

Qual o PN Origem do item?

Sua resposta

Qual foi a quantidade?

Sua resposta

Qual foi o motivo da retirada / devolução?

- ◯ Produção
- ◯ Desenvolvimento
- ◯ Manutenção

Enviar