



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

GESTÃO DE *STOCKS* DE PEÇAS SOBRESSELENTES NUMA INDÚSTRIA DE *PELLETS*

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e
Gestão Industrial

Autor

Maria Carolina Ruas Matias Baetas

Orientador

Professor Doutor Pedro Mariano Simões Neto

Júri

Presidente	Professora Doutora Maria Augusta Neto Professora Auxiliar da Universidade de Coimbra Professor Doutor Cristóvão Silva Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra
Vogais	Professor Doutor Pedro Mariano Simões Neto Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional



Pinewells, S.A.

Coimbra, Setembro, 2014

Aos meus pais, Ângela e João

À minha irmã, Margarida

À minha madrinha, Armanda

Aos meus Amigos.

Agradecimentos

A todos os colaboradores da *Pinewells*, pelo carinho, paciência, compreensão e pelo auxílio que me prestaram.

Ao Professor Pedro Neto, pelo apoio e orientação, e acima de tudo pela motivação e boa disposição que patenteou durante a realização deste projeto.

Ao Professor Cristóvão, o meu agradecimento pela transmissão de conhecimentos e disponibilidade que sempre revelou comigo.

Aos meus pais, pelo incessante apoio.

A todos, o meu sincero e profundo obrigado.

Resumo

O presente documento regista o desenvolvimento de um projeto na área da gestão de stocks de peças sobresselentes na *Pinewells*, no âmbito de estágio curricular pela Universidade de Coimbra.

O êxito de um programa de manutenção depende, muitas vezes, das existências em stock de peças sobresselentes, pela forma como afetam a disponibilidade dos equipamentos. O problema coloca-se em situações de paragem acidental, ou seja, não planeada onde a indisponibilidade de um dado item pode implicar elevadas perdas de produção. As interrupções, mesmo num curto período de tempo, em qualquer setor da unidade conduzem a quebras de produção significativas, o que implica um custo acrescido para a empresa.

Nas peças sobresselentes são de difícil aplicação os modelos tradicionais de gestão baseados numa procura repetitiva e previsível, pois dada a particularidade dos consumos, outros fatores devem ser considerados.

Em suma, pretende-se otimizar esta dinâmica, assegurando um correto dimensionamento do *stock*, capaz de corresponder a todos os pedidos da manutenção, otimizando este programa e conseqüentemente reduzindo os custos associados a eventuais paragens.

Palavras-chave: *Stock*, Otimização, Manutenção, Procura, Armazém, Disponibilidade, Paragem.

Abstract

This document records the development of a project in the area of inventory management of spare parts in *Pinewells*, under traineeship from the University of Coimbra.

The success of a maintenance program often depends, stocks of spare parts in stock, by the way they affect the availability of equipment. The problem arises in situations of accidental stop, ie, not provided where the unavailability of a given item can imply high production losses. The interruptions even in a short period of time, in any sector of the drive lead to significant breaks in production, which entails an increased cost for the company.

In the spare parts are difficult to apply traditional management models based on a repetitive and predictable demand, because given the peculiarity of consumption, other factors must be considered.

In sum, it is intend to optimize this dynamic, ensuring a correct dimensioning of stock, able to respond to all requests for maintenance, optimizing this program and thereby reducing the costs associated with any stops.

Keywords Stock, Optimization, Maintenance, Procurement, Warehouse, Availability, Stop.

Índice

ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABELAS	vii
SIMBOLOGIA	viii
SIGLAS	viii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Abordagem ao Problema	1
1.2. Motivação e Objetivos	2
1.3. Apresentação da Empresa	2
1.4. Apresentação do Produto	3
1.5. Processo Produtivo	3
1.6. Estrutura	6
2. REVISÃO TEÓRICA	7
2.1. <i>Stock</i>	7
2.2. Gestão de <i>stock</i> de peças sobresselentes	8
2.3. Identificação dos <i>stocks</i>	8
2.4. Coordenadas de localização	9
2.5. Informatização do controlo de <i>stocks</i>	10
2.6. Sistemas de Reaprovisionamento	11
2.6.1. Modelos de controlo de <i>stocks</i>	12
2.7. A importância de um <i>stock</i> de segurança	15
2.8. Classificação ABC	16
2.9. Tipo de Procura	18
2.10. Gestão da Manutenção	19
2.11. Histórico dos equipamentos	22
2.12. Taxa de Avarias dos Equipamentos	22
3. CASO DE ESTUDO NA <i>PINEWELLS</i>	25
3.1. Granuladora – Funcionamento básico	25
3.2. Triagem do <i>stock</i>	26
3.3. Análise do <i>stock</i> atual	28
3.4. Sistema de identificação das peças em <i>stock</i>	29
3.5. Análise ABC	31
3.5.1 Valor em <i>Stock</i>	31
3.5.2 Consumo anual	34
3.6. Análise da Procura	35
3.7. Previsões de <i>stock</i>	37
3.7.1 Itens de procura contínua	37
3.7.2 Outros itens	38
3.7.2 Análise de custos	39
3.7.2 Propostas	40
3.8. Manutenção <i>Pinewells</i>	41
3.8.1 Tempo de paragens	44

3.8.2 Avarias.....	45
3.8.3 Tipos de avaria.....	46
4. CONCLUSÕES.....	48
4.1. Propostas de melhoria.....	48
4.2. Perspetivas de trabalho futuro.....	49
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
ANEXO A – Componentes da Prensa.....	53
ANEXO B – Análise ABC (valor em stock).....	54
ANEXO C – Análise ABC (Consumo).....	55
ANEXO D – Aplicação da revisão contínua para um NS=97,5%.....	56
ANEXO E – Aplicação do modelo de revisão periódica para um NS=97,5%.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. <i>Pellets</i>	3
Figura 2.1. Modelo de localização.....	9
Figura 2.2. Ponto de Encomenda (Santos, 2011).	12
Figura 2.3. Curva dos Custos Totais (Silva, 2001).....	13
Figura 2.4. Lançamento das encomendas A e B (Silva, 2001).....	15
Figura 2.5. <i>Stock</i> Segurança (Silva, 2001).....	16
Figura 2.6. Curva ABC (Silva, 2001).....	17
Figura 2.7. Modelo de categorização da procura (Syntetos, 2005).	18
Figura 2.8. Classificação dos vários tipos de Manutenção (Ascensão, 2010).....	20
Figura 2.9. Fases do período de vida de um equipamento (Ascensão 2010).	24
Figura 3.1. Diagrama dos setores críticos na <i>Pinewells</i>	25
Figura 3.2. (a) vista exterior da prensa; (b) vista interior da prensa.....	26
Figura 3.3. Modelo de identificação em Microsoft Access.	30
Figura 3.4. Representação gráfica das classes A, B e C (Nogueira, 2007).	32
Figura 3.5. (a) Relação código-peça; (b) Curva ABC - Valor em <i>stock</i>	33
Figura 3.6. (a) Relação código-peça; (b) Curva ABC - Consumo.	34
Figura 3.7. Distribuição da procura das peças selecionadas.....	36
Figura 3.8. (a) Zona de sobresselentes de componentes de transmissão; (b) Zona de sobresselentes de componentes diversos.	42
Figura 3.9. Histórico do controlo das horas de paragens.....	43
Figura 3.10. Análise gráfica do tempo de paragens das prensas.	44
Figura 3.11. Análise gráfica do número de avarias das prensas.....	45

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1. Triagem das peças sobresselentes em armazém.	27
Tabela 3.2. Sistema identificativo em matriz do tipo 4×3.	31
Tabela 3.3. <i>Stock</i> mínimo e respetivo custo.	38
Tabela 3.4. <i>Stock</i> mínimo e respetivo custo.	39
Tabela 3.5. Análise dos custos em função do NS (revisão contínua).	40
Tabela 3.6. Análise dos custos em função do NS (revisão periódica mensal).	40
Tabela 3.7. Custo associado às propostas.	41
Tabela 3.8. Análise da percentagem de tempo de paragem correspondente a avarias.	46

SIMBOLOGIA

μ – Valor esperado da Procura

λ – Taxa de Avarias

σ – Desvio padrão da dimensão da Procura

SIGLAS

ERP – *Enterprise Resource Planning*

E-SPIR – *Electronic Spare Parts and Interchangeability Record*

MDT – *Mean Down Time*

MESC – *Material Equipment Standard and Codes*

MRP – *Material Resource Planning*

MTBF – *Mean Time Between Failures*

MTTR – *Mean Time To Repair*

MUT – *Mean Up Time*

SAP – *Systems, Applications and Products in Data Processin*

1. INTRODUÇÃO

A gestão do *stock* de um armazém de peças sobresselentes obriga a lidar com a imprevisibilidade do consumo dos diversos materiais. Assim, não é possível saber antecipadamente quando surgirá a necessidade de um determinado material, ou mesmo a dimensão do próximo pedido. A grande diversidade de *stock*, faz com que seja necessário criar uma metodologia de gestão que permita aplicar diferentes parâmetros aos diferentes materiais, de acordo com a sua importância para o armazém e para as unidades produtivas.

Na manutenção, a gestão dos trabalhos bem como a gestão das peças, estão intimamente ligadas, e para que se possa alcançar um programa eficiente de manutenção, é necessário assegurar um *stock* adequado. Não dispor na altura certa de um simples componente, de custo insignificante, pode imobilizar um sistema de produção completo.

Esta dissertação surge de um desafio colocado pela *Pinewells*, que sentiu a necessidade de identificar soluções de melhoria na gestão de *stocks*, de forma a atingir uma otimização do programa de manutenção.

1.1. Abordagem ao Problema

Os materiais constituintes do armazém são muito heterogêneos, com frequências de saída e importância muito variáveis, requerendo uma metodologia de gestão sofisticada para fazer face aos objetivos esperados.

É essencial criar condições para gerir os diferentes tipos de materiais de forma independente, adequando os modelos às características específicas de cada um. É necessário efetuar uma análise rigorosa dos movimentos dos materiais que possibilite a tomada de decisão com base em informação fidedigna.

A função de manutenção é assumida como uma prioridade nas empresas, como a *Pinewells*, que possuem uma produção contínua. Assim, existe cada vez mais a consciência que as avarias dos seus equipamentos afetam a segurança das pessoas e de infraestruturas e podem colocar em risco o meio ambiente e condicionam a qualidade e continuidade do fornecimento do produto final. As interrupções, mesmo num curto período de tempo, em

qualquer setor da unidade conduzem a quebras de produção significativas, o que implica um custo acrescido para a empresa.

1.2. Motivação e Objetivos

Este projeto tem o objetivo adequar os modelos de gestão de *stock* de peças sobresselentes à realidade do armazém da *Pinewells*.

Adicionalmente, pretende-se que seja estabelecida uma política de gestão de stocks, a frequência de revisão do nível de *stock* e o plano de atuação para o futuro, a nível de implementação e de revisão de parâmetros de gestão.

A motivação deste trabalho, é tentar contribuir para a otimização do programa de manutenção assegurando a total disponibilidade dos sobresselentes envolvidos.

1.3. Apresentação da Empresa

A *Pinewells* fica situada na Zona Industrial da Relvinha, Sarzedo, concelho de Arganil. A sua atividade de fabrico de *pellets* de madeira de 6 mm de diâmetro, para consumo doméstico ou industrial, teve início a 17 de Setembro de 2009. A empresa tem uma área de implantação total de 50 000 m², na qual se encontram um edifício administrativo e dois edifícios industriais, com uma área coberta de 4000 m², referentes às instalações de Destroçamento, Secagem, Ensilagem, Pelletização, Ensacagem e Armazém Final.

A *Pinewells* conta com quarenta e dois trabalhadores e labora em regime contínuo (8h00-16h00; 16h00-24h00; 24h00- 8h00) de sete elementos cada, 24h por dia, sete dias por semana e onze meses por ano.

Os *pellets* produzidos na *Pinewells* destinam-se ao consumo industrial e ao doméstico. A nível do produto para consumo industrial, os principais clientes são: Dong Energy (Dinamarca), Renergy UK (Holanda, Bélgica), EON (Alemanha); a nível de produto para consumidores domésticos, os principais clientes são: AXPO (Suíça), BioEnergy Barbero (Espanha) e Carsan Biocombustibles (Espanha).

1.4. Apresentação do Produto

Os *pellets* de madeira são um combustível sólido produzido a partir de biomassa florestal e de resíduos resultantes de processamento do material madeira. A biomassa florestal é definida como a "matéria vegetal proveniente da silvicultura e dos desperdícios de atividade florestal, incluindo apenas o material resultante das operações de condução, nomeadamente de desbaste e de desrama, de gestão de combustíveis e da exploração dos povoamentos florestais, como os ramos, bicadas, cepos, folhas, raízes e cascas". É por isso um combustível orgânico de forma cilíndrica, produzido através de biomassa densificada (Figura 1.1.).



Figura 1.1. *Pellets.*

Com um poder calorífico superior a 17 MJ/kg, o equivalente a 5 kWh/kg, os pellets de madeira têm teores de humidade e cinzas abaixo de 10% e 0,5%, respetivamente, características que permitem uma combustão eficiente e de alto valor energético.

1.5. Processo Produtivo

O processo de produção de *pellets*, engloba, basicamente, as seguintes fases:

- Receção e armazenamento de matérias-primas;
- Descasque e destroçamento da madeira;
- Moagem verde;
- Secagem e armazenamento intermédio;
- Moagem seca;

- *Pelletização*;
- Arrefecimento;
- Armazenagem;
- Ensacamento e/ ou carregamento de camiões.

Receção e armazenamento de matérias-primas:

A matéria-prima pode ser madeira em rolos, de pinho ou de eucalipto ou ser madeira já triturada, designada por serrim ou estilha, proveniente, essencialmente, da indústria transformadora. As matérias-primas são adquiridas localmente uma vez que, devido à sua reduzida densidade, o seu transporte a grandes distâncias tornar-se-ia inviável.

Descasque e destroçamento da madeira:

É neste sector que se inicia o processo de fabrico de *pellets*, existindo duas linhas distintas:

Descasque e destroçamento de rolaria: é a fase inicial do processo fabril onde se executa o descasque da rolaria (a presença de casca originaria um aumento do teor de cinzas no produto final) e a trituração da madeira pelo denominado destroçador de rolaria. A madeira triturada (estilha) é armazenada e posteriormente utilizada no processo.

Destroçamento de biomassa: trata-se igualmente da fase inicial do processo na qual a biomassa é triturada no designado destroçador de biomassa para posterior queima com o intuito de produzir energia térmica para o sector de secagem.

Moagem verde:

Trata-se da fase na qual a madeira já triturada (estilha) é reduzida a partículas de menor dimensão, ficando semelhante ao serrim. Para o efeito, utilizam-se os moinhos de martelos. A *Pinewells* dispõe de 3 moinhos de martelos. Posteriormente, o material é ensilado no Silo 1.

Secagem e armazenamento intermédio:

A secagem é a etapa que consome mais energia na produção de *pellets*. Este setor é o responsável pela extração da água existente na matéria-prima e, conseqüentemente, no serrim produzido pela moagem verde. Inclui dois equipamentos principais: uma fornalha e um secador. A energia térmica necessária a este processo provém da fornalha na qual é queimada a biomassa proveniente do respetivo destroçador. A energia térmica aquece o serrim no secador de tambor rotativo. Devido às elevadas temperaturas envolvidas, a

humidade existente no serrim vaporiza, e em seguida o serrim é recolhido e enviado para o sector *pelletização*, com início no Silo 2.

Moagem seca:

Na moagem seca realiza-se a homogeneização dimensional do serrim, fator que promove o aumento da densidade e, conseqüentemente, do poder calorífico dos *pellets*.

Após a secagem, o material, já com os níveis de humidade pretendidos, é novamente triturado para ser homogeneizado relativamente à dimensão, através de três moinhos de martelos, que posteriormente serão ensilado no Silo 3. Os moinhos de martelos são constituídos por crivos metálicos, com a abertura de malha correspondente ao tamanho máximo que se pretende obter.

Pelletização:

Após a moagem, o material é prensado originando-se um granulado de madeira, geometricamente cilíndrico, com diâmetro de 6 mm e comprimento entre 20 e 40 mm, os *pellets*. A alimentação das prensas deverá ser lenta de modo a poder vencer, de forma adequada, o elevado atrito do lenho. No processo de prensagem é necessário aquecer o serrim até temperaturas na ordem dos 120-130°C (com recurso a vapor seco). Com o aquecimento, a lenhina da madeira torna-se mais plástica, promovendo a agregação das partículas, sem que haja necessidade de adicionar materiais adesivos. O serrim é pressionado a alta pressão e os *pellets* são cortados, do lado de fora da matriz.

Arrefecimento

À saída das prensas, os *pellets* apresentam alguma plasticidade, devido à elevada temperatura (90 a 95°C) a que ainda se encontram. O seu arrefecimento é uma etapa muito importante no processo, pois contribui para que a lenhina da madeira alcance o maior potencial aglutinante, fator fundamental para que os *pellets* mantenham a sua estrutura.

Durante o arrefecimento os *pellets* tornam-se rígidos e perdem humidade, de modo que o teor de humidade final ronde os 6 %. No entanto, dado que os *pellets* estarão em contato com a humidade do ar envolvente, este valor irá estabilizar entre 8 e 10 %.

Armazenagem:

Após o processo de fabrico descrito, os *pellets* podem ser armazenados em silos, quando a sua distribuição for a granel, ou introduzidos em máquinas de pesagem e de embalagem automática, quando forem comercializados em sacos. Desde que, armazenados em local seco os *pellets* não se degradam ao longo tempo.

Distribuição:

Os *pellets* podem ser distribuídos a granel, transportados por caminhão ou navio, ou empacotados em sacos de 15 kg ou “big-bags” de 1000 kg. Estes sacos são distribuídos em paletes, devidamente envolvidos em plástico pelo setor de embalagem automática.

1.6 Estrutura

No capítulo 1 do presente trabalho é realizada uma apresentação dos principais objetivos que se pretendem alcançar, uma breve apresentação da empresa e respetivo processo produtivo.

O capítulo 2 contém uma abordagem teórica ao problema, com especial incidência nos temas relacionados com a gestão e manutenção dos *stocks*.

No capítulo 3 é apresentado o caso de estudo e as análises desenvolvidas que suportam as propostas de melhoria sugeridas.

O capítulo 4 baseia-se numa conclusão geral de todo o trabalho desenvolvido, introduzindo ainda, algumas perspetivas de trabalho futuro na *Pinewells*.

2. REVISÃO TEÓRICA

O presente capítulo tem como principal objetivo uma revisão teórica aos temas abordados ao longo do projeto. Estes temas servem de suporte ao desenvolvimento do projeto, que é explicado de seguida.

2.1. Stock

Stock é a existência de qualquer artigo ou recurso usado numa organização. Os *stocks* são mantidos de forma a assegurar o nível de serviço pretendido, bem como custos associados aos erros de previsão. Apresentam várias vantagens como conservar a independência das operações, satisfazer as variações da procura do produto, possibilitar a flexibilidade na programação da produção, garantir matéria-prima caso existam variações no tempo de aprovisionamento e permitir benefícios económicos de uma ordem de compra. No entanto, os *stocks* têm inconvenientes como ocupar muito espaço, imobilizar meios financeiros importantes e aumentar o prazo médio de produção.

O papel dos *stocks* é bastante ambíguo, estes podem disfarçar a ineficiência de uma empresa. Os *stocks* são uma forma confortável de camuflar certos problemas comuns numa empresa, como o mau planeamento ou má manutenção dos equipamentos. Desta forma, os *stocks* devem ser bem geridos para que se encontre um ponto ótimo entre um desempenho positivo e o mínimo custo.

Existe um conjunto de conceitos relacionados com a gestão de *stocks*, abordados ao longo do relatório, que são definidos de seguida:

- **Item:** É um dos produtos que é mantido em *stock*, é uma das entradas do inventário;
- **Inventário:** É a lista de todos os itens que atualmente estão em *stock*;
- **Ponto de encomenda:** nível de *stock* que desencadeia uma nova encomenda, ou seja, é o nível de *stock* necessário para cobrir as necessidades durante o tempo de aprovisionamento;

- **Quantidade de encomenda:** quantidade de produtos a encomendar que minimiza os custos totais de encomenda e de movimentação de *stock*;
- **Nível de serviço:** número de unidades que podem ser fornecidas no momento a partir do *stock* disponível;
- **Stock máximo:** nível de *stock* para o qual a empresa tem capacidade;
- **Tempo de provisionamento:** tempo desde que é colocada uma encomenda até a sua receção.

2.2. Gestão de *stock* de peças sobresselentes

A gestão de *stocks* é um tema cada vez mais preponderante nas organizações. De fato, as organizações têm necessidade de reduzir custos com os *stocks*, sem prejudicar o bom funcionamento de toda a logística.

A gestão de peças sobresselentes é um caso particular da gestão de *stocks*. As exigências para um bom planeamento da logística deste tipo de peças, diferem dos outros tipos de materiais em vários pontos: a taxa de serviço exigida é maior do que nos *stocks* “normais”; a procura para peças sobresselentes pode ser esporádica e difícil de prever; os preços individuais das peças podem ser muito altos. Estes exigentes requisitos da gestão das peças sobresselentes levam a que a investigação nesta área seja extremamente importante (Elsevier and Huiskonen, 2001).

Os *stocks* de peças sobresselentes não podem ser geridos pelos processos tradicionais. Neste cenário, aparece como um desafio relevante a resposta às seguintes perguntas:

- Qual a quantidade ótima de peças sobresselentes em *stock*?
- Quais os itens que devem fazer parte do *stock*?
- Qual a sua localização?

2.3. Identificação dos *stocks*

A primeira questão surge ao nível da identificação dos artigos em *stock*, uma vez que a gestão de *stocks* faz-se item a item, ainda que a sua análise possa ser realizada globalmente, ou por grupos de itens análogos.

Assim, a nomenclatura de um dado item compreende a DESIGNAÇÃO e a CODIFICAÇÃO. A designação de um item é explicativa e serve para identificar o produto através de uma descrição convencional, a qual deve ser desenvolvida partindo do geral para o particular, isto é, iniciar pela caracterização global até chegar às especificações que singularizem o artigo ou produto.

O código constitui uma simplificação complementar da designação, e tem como objetivo identificar de forma abreviada cada artigo, relacionando-os entre si de forma a permitir aglutinações analógicas, necessárias à análise e gestão de classes, grupos ou famílias de produtos. Tal como a designação, o código deve ser desenvolvido do geral para o particular.

As facilidades permitidas pela leitura ótica vieram trazer à codificação várias possibilidades de tratamento da informação. Assim, o código de barras (standard do fabricante ou criado por equipamento interno) evita a digitalização do código (numérico, alfabético, alfanumérico) e leitura interpretativa.

2.4. Coordenadas de localização

Entende-se por coordenadas de localização a informação precisa relativa ao item que se encontre no interior do armazém, de forma a ser possível organizar e recolher com facilidade o item pretendido.

A coordenada de localização é para todos os efeitos um código composto por vários elementos em que cada um deles tem um significado específico. A estrutura a utilizar não poder ser recomendada, uma vez que cada armazém é um caso singular. A figura 1.2., é um exemplo que ilustrar a questão a partir do qual se poderão inspirar outras configurações:

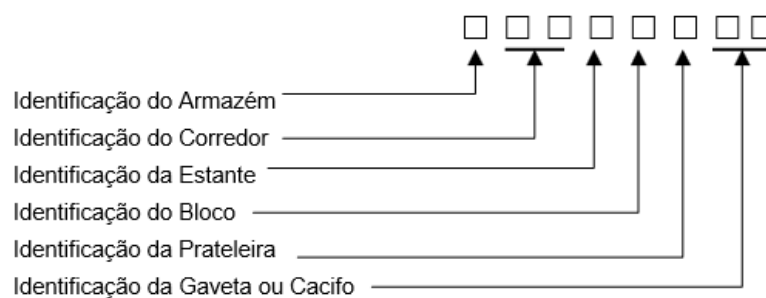


Figura 2.1. Modelo de localização.

A simbologia a inserir no espaço indicado por pode ser numérica, alfabética ou alfanumérica. Os símbolos correspondentes a estas coordenadas devem estar visíveis e colocados no respetivo local, para que qualquer pessoa identifique facilmente a sua posição.

A base de dados existente deve registar as coordenadas, de forma a permitir que uma consulta faculte todos os dados necessários à localização de qualquer item.

2.5. Informatização do controlo de stocks

O ERP (*Enterprise Resource Planning*) é um conjunto de sistemas de informação que integram todos os dados e processos de uma organização num único sistema. Esta integração obtém melhores resultados do que a soma dos seus subsistemas em separado, disponibilizando a capacidade de integrar múltiplas formas de gestão numa só plataforma, facilitando a atualização de informação e consequente acesso à mesma. O ERP surge como evolução do MRP (*Material Resource Planning*), como necessidade de integração de áreas tão distintas como a Engenharia, Finanças, Recursos Humanos, Gestão de Projetos, Serviços e Banca.

O SAP (*Systems, Applications and Products in Data Processing*) é o ERP mais utilizado no mercado, entre outros, por exemplo o MES (*Material Equipment Standard and Codes*), E-SPIR (*Electronic Spare Parts and Interchangeability Record*), etc. Este domínio do mercado existe graças à pesquisa e desenvolvimento que este software sofre, bem como à criação de alianças estratégicas que a empresa estabelece com outras empresas de software. O resultado é uma solução tecnologicamente evoluída, robusta e amplamente testada.

Com a implementação de um ERP, torna-se possível adotar um modelo de manutenção preventiva completo, uniformizando procedimentos e otimizando processos de informação, resultando em maior rapidez na obtenção de dados e execução de processos.

Segundo Pinto (2002), um sistema informático de gestão de manutenção assistida por computador deverá incluir as seguintes áreas:

- Gestão de equipamento, incluindo o ficheiro de equipamento, o histórico de intervenções e a análise das avarias;

- Gestão de manutenção preventiva, incluindo os planos de manutenção, programação, emissão, nas datas previstas, das ordens de trabalho respetivas;
- Gestão de manutenção corretiva com eventual preparação, programação e emissão das ordens de trabalho;
- Apuramento e controlo de custos, incluindo a gestão do orçamento do serviço de manutenção, custos diretos e indiretos por equipamento;
- Gestão de *stocks* de peças com o estabelecimento de reserva automática dos materiais incluídos na preparação das ordens de trabalho;
- Gestão de compras que incluirá o ficheiro de fornecedores, custo dos materiais e situação da encomenda (prazos de entrega);
- Gestão de recursos humanos incluindo o ficheiro de pessoal, suas especializações, categoria profissional, salário e taxas horárias respetivas;
- Sistema de codificação de equipamentos e materiais de armazém;
- Documentação técnica dos equipamentos;
- Planos de manutenção preventiva;
- Ficheiro de pessoal de Manutenção por especializações e categorias profissionais.

Apesar de a empresa beneficiar com este tipo de solução, nomeadamente ao nível da gestão de mão-de-obra (através de melhorias no planeamento e programação), da gestão de peças sobresselentes e materiais (através da redução do número de peças sobresselentes, do nível de *stocks*, e de melhorias na disponibilidade de peças e materiais) e do aumento da disponibilidade operacional do equipamento, o ERP apresenta por vezes uma relação custo-benefício pouco interessante que não justifica o investimento, considerando ainda a dependência dos fornecedores e uma provável resistência à mudança.

2.6. Sistemas de Reaprovisionamento

Numa empresa, a gestão de *stocks* poderá se tornar uma tarefa extremamente difícil, caso seja necessário gerir *stocks* constituído por numerosos itens diferentes. Deste modo é necessário encontrar a melhor solução para simplificar a gestão de *stocks* e para enfrentar o problema da quantidade a encomendar e da frequência entre os pedidos. Existem várias formas de reaprovisionamento de *stocks*, e a sua escolha, depende da informação disponível e da performance desejada.

2.6.1. Modelos de controlo de *stocks*

As políticas de gestão de *stocks* apoiam o controlo do nível de *stock*, de forma a prevenir roturas, a definir encomendas, a garantir um nível de enchimento de *stock*, com o intuito de minimização de custos e de riscos para as empresas. Isto exige uma grande coordenação entre a procura, que pode ser prevista com base em métodos de previsão, e as compras.

Os parâmetros utilizados para definir as políticas podem ser ponto de encomenda (PE) ou *stock* mínimo (*s*), *stock* de segurança (*SS*), *stock* máximo (*S*), quantidade de encomenda (QEE ou QOE), prazo de entrega (*LT*) e periodicidade de revisão do nível de *stock* (*T*).

Na literatura existem modelos onde o *stock* de segurança é usado apenas para os materiais críticos. O *stock* de segurança é a parcela do *stock* físico reservada para responder a possíveis variações na procura, dependendo diretamente do desvio padrão da amostra de procura.

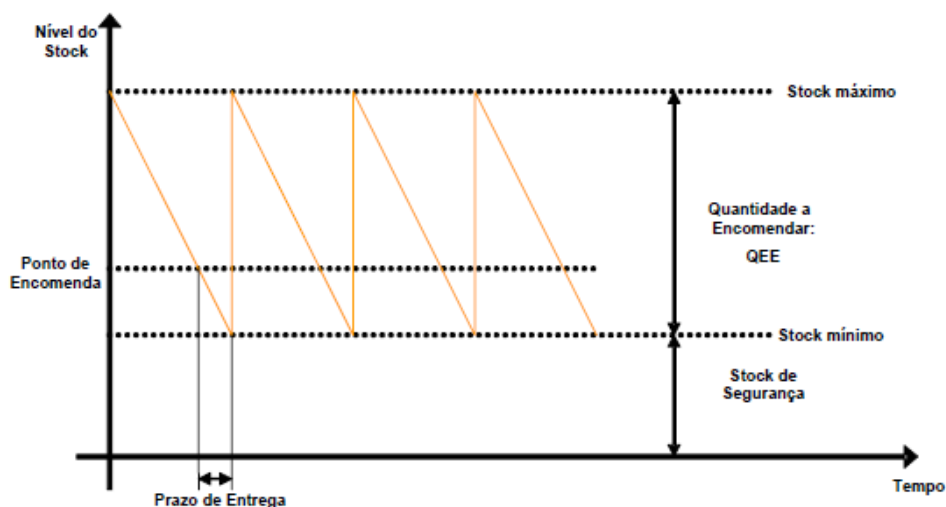


Figura 2.2. Ponto de Encomenda (Santos, 2011).

➤ Revisão Contínua

É provavelmente o mais antigo e mais comum sistema de revisão, utiliza uma quantidade fixa de encomenda (QOE), e o tempo de revisão é variável. Neste tipo de sistema existe um controlo contínuo sobre os *stocks*, isto quer dizer que cada movimento de *stock* precisa ser registado.

Os *stocks* podem ser divididos em dois segmentos independentes: *stock* normal e *stock* segurança (SS). Num sistema de revisão contínua, é sempre encomendada a mesma quantidade de material. O tempo entre encomendas varia com a flutuação do consumo.

Quando se utiliza o sistema de revisão contínua, é importante que a procura dos diversos componentes seja analisada com cuidado, de maneira que se obtenha uma constituição de *stocks* consistente com os pressupostos em que o sistema se baseie. Este tipo de sistema assume que haja uma procura homogénea. Quando a procura passa a ser heterogénea, como por exemplo, quando existe um componente que é usado em itens produzidos em grande escala, e é usado em produções especiais ocasionais, assumir tratar-se de *stock* singular e utilizando o sistema de revisão contínua, pode levar a um excesso de *stock* e a custos elevados de aprovisionamento. (Magee & Boodman, 1967)

Como referido anteriormente, este modelo tem como princípio encomendar uma quantidade de encomenda, quando o stock atinge um determinado nível (ponto de encomenda, PE). O modelo tradicional consiste em determinar a quantidade e ponto de encomenda, de forma a minimizar os custos e a evitar ruturas de material.

É possível definir a quantidade de encomenda que minimiza os custos totais, a denominada Quantidade Económica ou ótima de Encomenda (QEE ou EOQ), correspondente ao mínimo da curva de custos totais (Figura 2.3.).

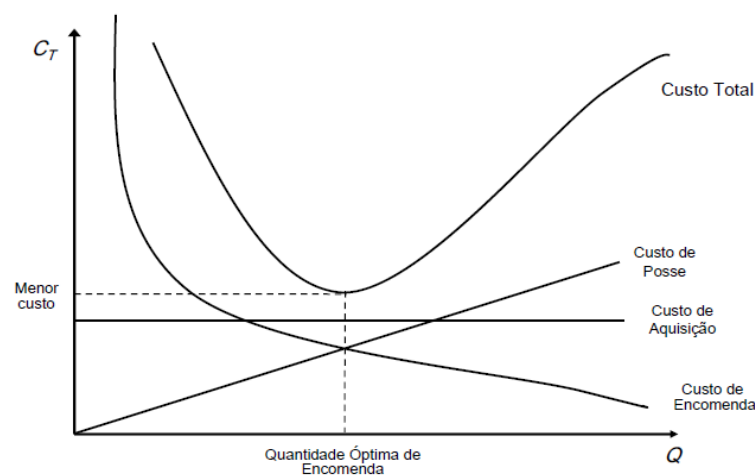


Figura 2.3. Curva dos Custos Totais (Silva, 2001).

A fórmula da quantidade ótica de encomenda (QOE) envolve o custo de aquisição/encomenda (C_e) e o custo de posse (C_p), e traduz-se da seguinte forma:

$$QOE = \sqrt{\frac{2 \times N \times Ce}{Cp}} \quad (2.1.)$$

Para o ponto de encomenda (PE), vem:

$$PE = N \times LT + SS \quad (2.2.)$$

➤ Revisão Periódica

O uso de um ciclo fixo de revisão (T), com quantidades variáveis (M), é uma grande alternativa a uma revisão do tipo contínua. A revisão periódica é frequentemente utilizada onde seja conveniente examinar o *stock* num ciclo fixo de tempo, por exemplo, num controlo em armazém ou num sistema onde as ordens são colocadas mecanicamente.

A revisão periódica do balanço do *stock*, tal como é requerido num sistema de quantidades fixas, pode ser inconveniente e extremamente caro. Como alternativa, um balanço de *stocks* de um item individual será periodicamente revisto, por exemplo, diariamente, semanalmente ou mensalmente. Uma variedade de regras ou procedimentos pode ser usada, contudo a ideia básica e que se sobrepõe a todas as outras é olhar para os *stocks* com uma frequência fixa, por exemplo, uma vez por mês, e dar a ordem de reaprovisionamento baseado no nível de enchimento pretendido. (Magee & Boodman, 1967).

É importante reter que a gestão de *stocks* para produtos com procura muito variável feita com sistemas de revisão periódica está mais sujeita a riscos, tanto maiores quanto mais alargado o período de revisão.

A próxima figura exemplifica uma situação onde é utilizada o método de revisão periódica.

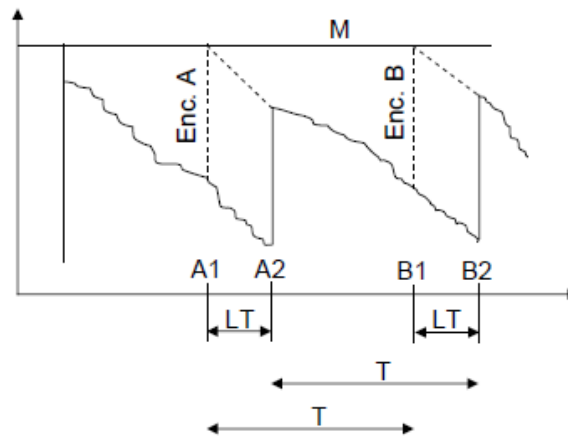


Figura 2.4. Lançamento das encomendas A e B (Silva, 2001).

Uma dada encomenda A, é colocada no instante A1 e recebida no instante A2. Essa encomenda terá de satisfazer a procura até que a encomenda seguinte (B) seja recebida, por exemplo, até ao instante B2. Assim, o nível de stock (M) terá de satisfazer a procura entre os instantes A1 e B2, ou seja $(T + LT)$. Assumindo que a procura durante $T+LT$ é normalmente distribuída, com média $(T + LT) \times N$ e desvio padrão $\sigma \times \sqrt{T + LT}$ vem:

$$M = (T + LT) \times N + SS \quad (2.3.)$$

2.7. A importância de um *stock* de segurança

O *stock* de segurança (SS) é normalmente utilizado pelas empresas, para garantir que exista quantidade suficiente de material em *stock* e para lidar com eventuais problemas. O *stock* de segurança é constituído de maneira a cobrir procuras inesperadas, problemas imprevistos no armazém, problemas de qualidade, ou avarias prolongadas na produção.

Para determinar o nível ótimo para o *stock* de segurança é necessário considerar alguns cenários. As empresas tomam em consideração os custos envolvidos em ter um certo nível de *stock* de segurança. Os custos incluem o custo inicial de aquisição ou de produção, o custo de armazenamento e a potencial depreciação do material ao longo do tempo, especialmente quando se considera materiais com um ciclo de vida curto. No entanto, existe igualmente um custo associado a não ter material em *stock*. O risco de rutura de *stocks* pode causar insatisfação dos clientes, quando os itens não são expedidos a tempo, ou a ausência de um determinado item, pode originar uma paragem de uma linha produtiva, sendo essa

paragem um enorme encargo em termos de custos para uma empresa, situação ilustrada pela Figura 2.3..

Um *stock* de segurança permite prevenir o sistema relativamente às flutuações no prazo de aprovisionamento.

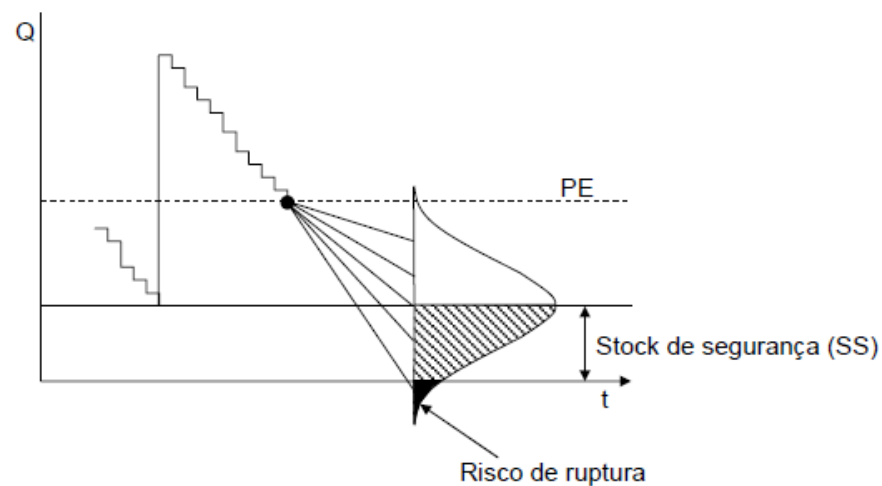


Figura 2.5. Stock Segurança (Silva, 2001).

Os custos associados a rutura de *stock* são difíceis de obter. Por isso os *stocks* de segurança são dimensionados através da especificação de um nível de serviço que expressa o custo de rutura implicitamente.

2.8. Classificação ABC

A forma mais popular de classificar os *stocks* é o método de análise ABC, baseada na classificação de Pareto. Esta classificação consiste em dividir os artigos por classes (A, B e C), consoante o seu valor em *stock*, o valor económico. No entanto, esta classificação também pode ser feita de acordo com o valor anual movimento, ou seja, o consumo anual.

A classificação ABC sugere que existe um número reduzido de itens que contribui para a maior parte dos custos do armazém e um número elevado de itens com custos relativamente baixos.

A principal vantagem deste método prende-se com a focalização do estudo nos itens mais importantes. Potencialmente, milhares de itens podem ser mantidos em *stock* para

operações de manutenção mas apenas uma pequena proporção merece uma análise detalhada e um controlo apertado por parte da gestão do armazém (Braglia, Grassi e Montanari, 2004).

Esta classificação é muito utilizada quando se analisam itens homogêneos. Contudo, se o tipo de *stock* for muito heterogêneo é necessário encontrar uma forma adicional de o classificar. A análise ABC torna-se insuficiente (Cavaliere, 2008).

Independentemente do tipo de classificação utilizada a divisão é feita da seguinte maneira: a classe A corresponde ao grupo de maior valor: 20% dos artigos correspondem a 80% dos custos; na classe B, 30 % dos artigos correspondem a 15% e dos custos totais; por último a classe menos valorizada, C, em que 50 % dos artigos causam 5% dos custos (Yang, 2009).

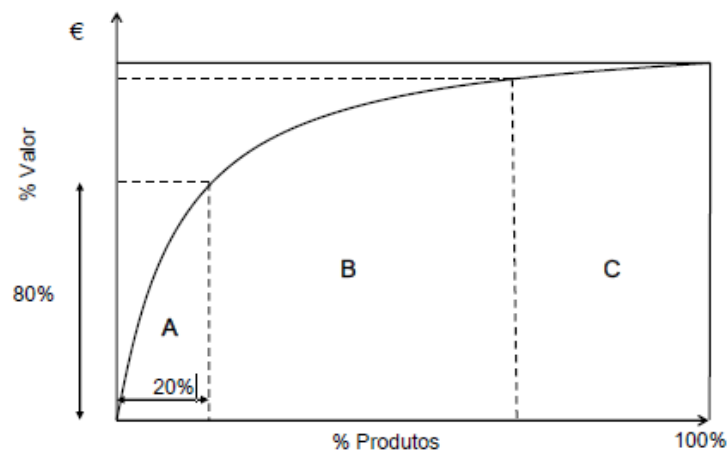


Figura 2.6. Curva ABC (Silva, 2001).

O número de itens que corresponde a cada um dos grupos A, B e C consta-se que, a maioria das vezes, que o grupo A contém um reduzido número de itens, o grupo B tem maior número, e o grupo C é o que tem a esmagadora maioria do número de itens. Esta verificação permite executar uma gestão seletiva dando mais atenção aos artigos mais importantes (grupo A) e menos aos menos importantes (grupo C) poupando substancialmente o esforço e tempo, conseqüentemente os custos.

Ocasionalmente, podem fazer-se mudanças de peças entre classes por estratégia. No entanto, tal não é recomendado visto que a classificação ABC é por definição uma apuração estatística de dados, isenta de outros critérios que poderiam viciar esta abordagem.

2.9. Tipo de Procura

Além da classificação dos materiais quanto ao seu valor para o armazém (ABC), é necessário estudar e classificar como se comporta a procura de um determinado grupo de materiais.

Segundo Syntetos (2005), o modelo de categorização da procura estuda o movimento dos materiais segundo duas variáveis consideradas independentes: o intervalo entre os consumos e a variabilidade da dimensão de cada pedido de material.

O intervalo entre consumos é medido em unidades de tempo e corresponde à média do intervalo entre dois consumos sucessivos do mesmo material, ao passo que a variabilidade da procura é o quadrado do coeficiente de variação da dimensão da procura, e é dada pela expressão:

$$CV^2 = \left(\frac{\sigma}{\mu}\right)^2 \quad (2.4.)$$

Note-se que a variabilidade de procura não depende da dimensão da procura. O que interessa analisar é a previsibilidade da dimensão dos consumos e não a sua dimensão. Este coeficiente depende diretamente da proporção entre o desvio padrão da dimensão da procura (σ) e do seu valor esperado (μ). Quando maior for este coeficiente, maior é a imprevisibilidade da dimensão da procura.



Figura 2.7. Modelo de categorização da procura (Syntetos, 2005).

- Contínua (*Smooth Demand*) – Procura com intervalos entre consumos abaixo de 1,32 meses e com uma variabilidade da dimensão da procura abaixo de 0,49. Caracteriza-se por ser constante ao longo tempo, ou seja, consumida com regularidade e com variação da dimensão da procura baixa.
- Errática (*Erratic*) – Procura com intervalos entre consumos abaixo de 1,32 meses, mas com uma variabilidade da dimensão da procura acima de 0,49. É uma procura que não deixa de ser constante ao longo do tempo; contudo, varia muito o tamanho da procura.
- Intermitente (*Intermittent*) – Tempo médio entre consumo bastante elevado, embora, quando procurada, a variação da dimensão da procura seja pequena. O seu intervalo médio entre consumos é superior a 1,32 meses, com a variabilidade da dimensão da procura abaixo do 0,49;
- Irregular (*Lumpy*) – É a procura mais complicada de se ter em armazém, pois tanto o tempo médio entre consumos como a variação do tamanho das encomendas é muito grande.

2.10. Gestão da Manutenção

Segundo Ferreira (1998), os objetivos gerais de uma organização de Manutenção, quer na indústria, quer na prestação de serviços, podem ser resumidos a três:

- Segurança das pessoas e bens (nomeadamente o meio ambiente);
- Assegurar os níveis de qualidade;
- Assegurar o custo do produto ou serviço.

Apesar de existirem várias propostas na classificação dos tipos de manutenção (nomeadamente as de (Monchy, 1989) e (Pinto, 2002)), existe concordância na divisão do tipo de manutenção em manutenção curativa e preventiva, e na divisão desta última em sistemática e condicionada. No entanto, Monchy (1989) divide a manutenção curativa em

dois tipos (paliativa e curativa), enquanto que Pinto (2002) afirma a existência de uma terceira forma de manutenção, distinta da corretiva e preventiva, chamada de manutenção melhorativa. Neste trabalho, optou-se por uma distribuição como a representada na Figura 2.6.. A política de manutenção que a empresa implementa não se cinge exclusivamente a um destes tipos, sendo definida por um conjunto de ações de diferentes tipos com vista à minimização do custo global. Esta política é condicionada pelas características, condições e idade das instalações ou equipamentos, e também pelos próprios condicionamentos da produção.



Figura 2.8. Classificação dos vários tipos de Manutenção (Ascensão, 2010).

A manutenção curativa caracteriza-se por uma intervenção que ocorre depois de uma avaria ou após a deteção de constrangimentos. Esta pode ser dividida em dois níveis – manutenção paliativa e manutenção curativa. (Monchy, 1989) A manutenção paliativa realiza-se após a ocorrência de avarias, com o objetivo de repor os equipamentos operacionais no mais breve espaço de tempo. Este tipo de manutenção acarreta elevados custos, grandes períodos de indisponibilidade das instalações e o aumento da possibilidade de produção de bens em não conformidade, provocando a desmotivação dos colaboradores da produção, mas também da Manutenção. Assim sendo, a utilização deste método de manutenção deve limitar-se aos casos em que o tipo de reparações seja de rápida execução e baixo custo, e que sigam as normas de segurança, relativamente a pessoas e bens, aplicando-se aos equipamentos com baixo grau crítico.

A manutenção curativa realiza-se também após a ocorrência de avarias, no entanto a sua preparação e realização é levada a cabo de acordo com um programa bem definido, com níveis de qualidade suficientes para garantir elevados graus de fiabilidade dos equipamentos intervencionados. O método é precedido de uma análise de causas primárias (a fim de se

verificar a existência de degradação forçada ou natural) e de um relatório após a ocorrência.

A manutenção preventiva caracteriza-se pelo conjunto de ações de prevenção ou antecipação à ocorrência de avarias (Monchy, 1989). Para Xenos (1998), a manutenção preventiva é considerada o coração das atividades de manutenção, envolvendo tarefas sistemáticas, como inspeções, reformas, trocas de peças, etc. Deve ser fundamentada em estudos de viabilidade económica (custo das reparações, das perdas de produção, da manutenção preventiva) e técnica (fiabilidade dos equipamentos e componentes). Existem dois tipos de manutenção preventiva – manutenção sistemática e condicionada. (Cabral, 2006)

A manutenção preventiva sistemática é efetuada em função de um intervalo de tempo definido ou de um número de unidades em funcionamento. Para cada equipamento são definidos os tipos de visita ou inspeções a executar, estabelecendo as operações/observações a realizar em cada visita e a sua periodicidade. Este programa é definido com base nos dados do fabricante, nomeadamente nas instruções de manutenção deste, e ajustado com base na experiência dos operadores e trabalhadores de manutenção que estão em contacto direto com o equipamento. Através deste método reduz-se a probabilidade de avarias, obtendo-se a consequente melhoria das condições de segurança e aumento da produção de bens em conformidade. As intervenções e as paragens provocadas são muitas vezes alteradas em função das necessidades de produção. No entanto, este tipo de manutenção apresenta custos elevados, quer pela paragem dos equipamentos, quer pela substituição de matérias, por vezes desnecessária. Este tipo de manutenção pode originar a ocorrência de avarias imediatamente após as intervenções, devido a erros humanos ou a mau funcionamento de sobresselentes aplicados.

A manutenção preventiva condicionada surge em consequência da existência ou deteção de uma condição ou estado do equipamento, quer por testes/medições não destrutivas, quer por avaliações de condição, realizadas periodicamente. A oportunidade das reparações/ substituições é condicionada pelo conhecimento do estado de funcionamento da máquina e pelo estado de uso dos seus componentes. Este tipo de manutenção comporta quatro fases: deteção do efeito da avaria, análise de tendência, diagnóstico e reparação programada. Os meios que são mais utilizados para a deteção dos efeitos das avarias são o controlo sensorial genérico (barulhos, estado de limpeza, condições de carga), a análise de vibrações (desalinhamentos, rolamentos em mau estado), a análise de óleos (grau de contaminação do óleo), termografia (deficiências na transmissão de calor) e o controlo das

variáveis processuais (caudais, velocidades, temperaturas, pressões, intensidades). Este tipo de manutenção traduz-se em custos reduzidos, quer pela reduzida necessidade de efetivos de pessoal, quer pelo aumento da disponibilidade e produtividade das instalações e ainda pela redução do imobilizado em peças e materiais de conservação. No entanto, este método só é aplicável com sucesso em instalações onde exista um sistema de manutenção organizado, exigindo algum equipamento de medição e análise dispendioso bem como uma formação especializada, nomeadamente para a realização do diagnóstico.

2.11. Histórico dos equipamentos

O histórico de um equipamento reflete todos os acontecimentos passados com o mesmo: avarias, reparações, intervenções preventivas, substituição de componentes, etc. (Ferreira, 1998). Um registo histórico bem elaborado constitui um documento de consulta precioso para a realização de modificações de otimização ou ainda para uma análise económica, visando a sua substituição. Neste registo, além de todas as identificações do equipamento, devem-se incluir todas as informações relativas às intervenções (tempos de reparação, ordens de trabalho, encomendas, custos, etc.). Através do registo histórico devidamente atualizado, pode-se, a qualquer altura, deduzir a sua fiabilidade e disponibilidade, além de permitir uma gestão de stocks e uma política ideal de manutenção otimizadas.

Os elementos presentes no registo histórico devem ser dispostos de forma a que permitam uma consulta e um tratamento de informação fácil e rápido. A aplicação de um programa informático revela-se assim de grande utilidade, quer pela sua rapidez de consulta, quer pela redução de tempo gasto na atualização. Pode-se também selecionar rapidamente as informações que mais interessam para determinada consulta, com base na criticidade dos equipamentos, no seu valor e na experiência própria.

2.12. Taxa de Avarias dos Equipamentos

Segundo a AFNOR, fiabilidade é a característica de um dispositivo, expressa pela probabilidade que esse dispositivo tem de cumprir uma função requerida em condições de utilização e por um período de tempo determinado.

Segundo Ferreira (1998), a fiabilidade difere da qualidade na medida em que a primeira diz respeito à capacidade de se manter um equipamento em conformidade durante a sua vida de funcionamento, enquanto que a segunda diz respeito à conformidade de uma especificação, da sua aptidão ao uso.

A taxa de avarias λ (t) é um indicador de fiabilidade que representa a proporção de dispositivos ou equipamentos que devem sobreviver num instante t.

$$\lambda = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de avarias}}{\text{Duração de utilização}} \quad (2.5.)$$

No caso da ocorrência de avarias seguir uma distribuição no tempo do tipo exponencial decrescente (taxa de avarias constante), a esperança matemática, que em manutenção se designa por MTBF – *Mean Time Between Failures* (tempo médio entre avarias) vem dado pela Equação (2.6.).

$$\text{MTBF} = \frac{1}{\lambda} \quad (2.6.)$$

Para equipamentos reparáveis temos então:

MTBF – *Mean Time Between Failures* (tempo médio entre avarias);

MUT – *Mean Up Time* (tempo médio de funcionamento);

MTTR – *Mean Time To Repair* (tempo médio de reparação);

MDT – *Mean Down Time* (tempo médio de paragem).

Segundo Pinto (2002), a experiência prática mostra que a taxa de avarias de um determinado equipamento ou componente, varia com o seu tempo de funcionamento de uma forma que é conhecida como a “curva em forma de banheira”.

Ferreira (1998) salienta que este tipo de evolução se aplica apenas para equipamentos simples ou para equipamentos complexos com modos de avaria predominantes.

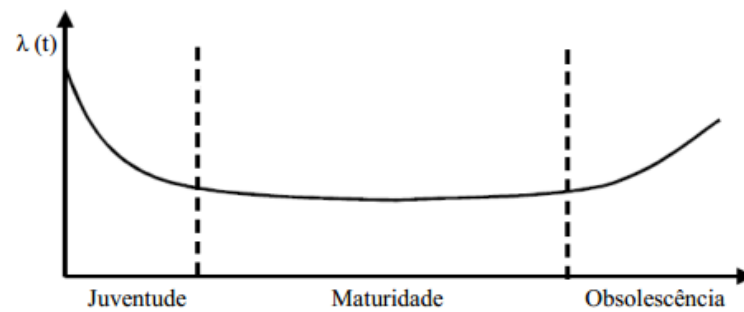


Figura 2.9. Fases do período de vida de um equipamento (Ascensão 2010).

Na figura anterior, é possível distinguir três períodos de vida:

- **Juventude do equipamento** – Fase inicial de instalação e arranque do equipamento que se caracteriza por ter uma elevada taxa de avarias inicial que, pela adaptação ao ambiente e condições de funcionamento, desce rapidamente. Nesta fase os bens mais frágeis são eliminados.
- **Maturidade do equipamento** – a taxa de falhas é aproximadamente constante. Trata-se da vida útil do bem com o seu funcionamento corrente.
- **Obsolescência** – a taxa de avarias cresce pois o bem entra na fase final do seu ciclo de vida, em que perde progressivamente a sua capacidade de bom funcionamento.

3. CASO DE ESTUDO NA *PINEWELLS*

A *Pinewells*, em todo o seu processo produtivo apresenta áreas que merecem especial atenção, como está ilustrado na figura seguinte. A granulagem foi a área escolhida para o desenvolvimento do presente projeto, uma vez que possui uma vasta gama de peças sobresselentes relativas aos equipamentos deste setor, apresentando assim grande potencial de exploração na área da gestão de *socks* e manutenção.

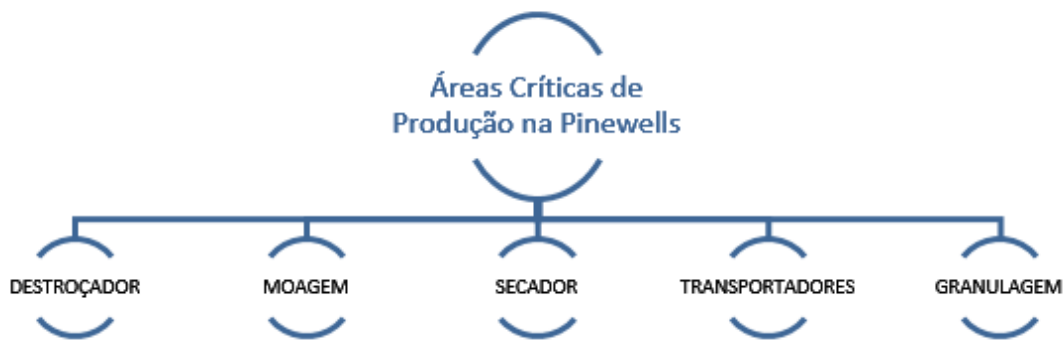


Figura 3.1. Diagrama dos setores críticos na *Pinewells*.

A seção da granulagem é constituída por cinco granuladores idênticas, habitualmente designadas por prensas, da marca *Andritz*, sendo que a quinta prensa não fazia parte da configuração original da fábrica, foi acrescentada posteriormente para efeitos de aumento de produtividade desta seção em meados do mês de Agosto de 2013.

3.1. Granuladora – Funcionamento básico

Após a etapa da moagem anteriormente descrita, o material é prensado entre os rolos e uma matriz perfurada cilíndricamente. A alimentação das prensas deverá ser lenta de modo a poder vencer, de forma adequada, o elevado atrito do lenho.

Dependendo do material, é necessária uma série de ajustes, sendo que os mais críticos ocorrem através da alteração da matriz. Ao alterar-se a dimensão dos orifícios ou o número

dos orifícios na matriz irá alterar-se a resistência. A pressão adequada permite que a matéria-prima seja aquecida e amolecida de modo a ser remoldada e compactada na forma desejada. Se a pressão for insuficiente, as matérias-primas não serão compactadas e simplesmente passarão através dos furos saindo, basicamente, como entraram, com a forma de serrim.

O serrim previamente moído e seco na granulometria desejada é introduzido na prensa sendo obrigado a percorrer uma matriz com furação cilíndrica através da pressão de dois rolos, que giram no interior da referida matriz. O *pellet* é compactado em camadas sucessivas equivalentes a cada uma das rotações dos rolos, auxiliado pela introdução de vapor para lubrificação dos canais da matriz. O calor libertado pela introdução de vapor provoca a modificação da estrutura da molécula da lenhina a qual irá conferir ao *pellet* as características de resistência mecânica. O motor elétrico da prensa é responsável pelo acionamento de movimento nos rolos, e anel bimetálico tem como função a fixação dos rolos à matriz.



(a)



(b)

Figura 3.2. (a) vista exterior da prensa; (b) vista interior da prensa.

3.2. Triagem do stock

Em parceria com os elementos que integram a equipa de manutenção, a primeira recolha de dados teve como objetivo a triagem dos materiais que se consideram prioritários para o funcionamento destes equipamentos. Foi extraída a lista de todas as peças sobresselentes relativas às prensas, a qual inclui para cada uma a sua designação, consumos anuais desde 2013, preço unitário e *stock* atual.

Após a triagem das peças, procedeu-se à segmentação dos mesmos. Para efetuar a classificação ABC foram obtidos os preços unitários da última compra de cada material. Os dados do consumo anual foram adquiridos através dos consumos mensais de cada material ao longo do ano de 2013.

Posteriormente, tendo como base os dados recolhidos foi possível calcular a quantidade máxima que deverá constar no *stock* para cada peça, através do modelo de gestão de *stocks* previamente escolhido. O objetivo é avaliar as existências em *stock* de forma a conferir se a quantidade de itens se adequa às carências deste setor.

A triagem foi efetuada tendo em conta vários componentes. Pretende-se avaliar as peças sobresselentes que são usadas nos equipamentos das unidades produtivas e que fazem parte da lista técnica, bem como os materiais de uso corrente que servem a unidade produtiva mas não são usados em nenhum equipamento específico.

Os materiais reparáveis são aqueles que podem ser retificados por um agente de interno ou externo à unidade, quando uma avaria é detetada contudo não foi considerado o seu retorno ao *stock*. Por fim, os materiais novos também foram alvo de seleção. São aqueles que se definem pela inexistência de registos de consumo independentemente do tempo que permanecem em armazém.

Na tabela 3.1. estão indicadas as peças resultantes da triagem realizada, acompanhada pela respetiva designação e número atribuído para facilitar o tratamento de dados.

Tabela 3.1. Triagem das peças sobresselentes em armazém.

Cód.	Peça	Designação	Grupo Materiais
1	Motor	Motor elétrico ABB 250 KW, 1450 rpm/min	Novo
2	Veio	Veio principal	Novo
3	Matriz	Matriz PM30 6,0x100/45	Reserva
4	Capa	Capa de Rolo com sobremedida 10mm	Reserva
5	Óleo	Lubrificante galp transgear 220 SW	Consumo corrente
6	Rolamento rolos	Rolamento rolos 23230 CA C3 W33	Reparáveis
7	Anel bimetálico	Anel bimetálico PM 30	Reserva
8	Chumaceira	Chumaceira flangeada UCF 214	Reserva
9	Rolamento AF	Rolamento alimentação forçada UCF 214	Reserva
10	Fusível mecânico	Cavilha fusível PM30	Reserva
11	Correia	Correia dentada SPC 3350	Reserva
12	Correia dentada	Correia dentada 800 H 200	Reserva
13	Anel bronze	Segmento de bronze PM30 250mm	Reserva

Os itens consumíveis das prensas que são substituídos regularmente são as matrizes, dado que as mesmas têm a particularidade de poderem ser retificadas. O acondicionamento das peças desempenha um papel muito importante na gestão de *stocks* desta empresa.

Assim, as matrizes são peças de grande movimento que não possuem um valor significativo de imobilizado em armazém, pois são itens de constante rotação e renovação em *stock*.

Em relação às peças de baixa movimentação pode-se mencionar por exemplo, o motor elétrico e o veio central das prensas, itens que raramente são retificados e muito menos substituídos. No entanto, são peças que a sua falha ou avaria poderá provocar a paragem de todo o processo de produção, logo é aconselhável que estejam presentes no sistema de *stock* em caso de emergência eminente, apesar do seu elevado valor monetário.

Estas peças de baixa rotação ocupam o armazém por longos períodos de tempo sendo necessário uma ponderação acrescida na sua aquisição, é fundamental fazer uma análise custo/benefício.

3.3. Análise do *stock* atual

Como já foi referido anteriormente as matrizes e os rolos são as peças de desgaste imediato, como tal, é necessário existir um *stock* “confortável” para que exista uma boa gestão de entradas e saídas. O desgaste de uma matriz está diretamente relacionado com o tipo de material que entra na prensa, isto é, se o tipo de *pellet* a produzir for do tipo industrial, onde há menor rigor quanto à sua composição, é de prever que existe por isso um maior desgaste do material, devido à dureza da madeira, impurezas, etc...

Assim quando se realiza a produção de *pellet* doméstico uma matriz pode produzir entre 12000 a 15000 toneladas de produto (2500h-3000h), enquanto que a produção de *pellet* industrial deverá rondar as 5000 toneladas (1000h). A discrepância é notório, contudo é difícil apurar valores precisos de tempo de vida útil desta peça, dado que, a produção realiza-se frequentemente alternada, intercalando a produção de *pellet* doméstico com o industrial.

Devido a folgas existentes nas prensas, o tempo de vida útil de uma matriz estava reduzido a um terço do seu real potencial, assim existia um consumo atípico de três matrizes para quatro prensas por mês em 2013. Com as melhorias realizadas ao nível da manutenção, a entrega trimestral de matrizes a fim de assegurar um nível de *stock* razoável, passou para

um consumo de sensivelmente 1,5 matrizes por mês em 2014 com as cinco prensas em funcionamento.

Assim, o *stock* de matrizes que deveria ter terminado em Dezembro de 2013, ainda não atingiu a rutura em meados do mês de Maio de 2014, o que permitiu poupanças só ao nível das matrizes de 40.000€. Estas melhorias foram realizadas por uma equipa de manutenção subcontratada especializada, que fez ajustes em todas as prensas e que representou um investimento em manutenção de melhoria de cerca de 7500€.

O veio central, tal como o prato da matriz são dois elementos constituintes das prensas em que qualquer reparação é efetuado por equipa exterior. O prato é uma peça que não existe em *stock* desta unidade, apesar de nunca ter sido necessário a sua substituição, contudo uma retificação deste componente, atividade necessária para uma manutenção preventiva, ronda os 1000 €.

Os rolos são constituídos por dois componentes principais, as capas e os rolamentos. As capas apresentam um consumo mensal que ronda três peças para as cinco prensas. Em relação aos rolamentos, cada prensa necessita de dois para exercer a sua função, e por mês as cinco prensas consomem cerca de oito.

O motor elétrico é um investimento que foi ponderado quando a aquisição de um elemento deste tipo para fins de *stock*, uma vez que, apesar de ser um elemento com um custo bastante elevado pode ser utilizado tanto ao nível do setor da granulagem como no setor da moagem (moinhos verdes).

Quanto ao parafuso sem-fim que roda em cada prensa, apenas as chumaceiras onde roda o parafuso são trocadas com alguma regularidade, o parafuso nunca foi substituído.

3.4. Sistema de identificação das peças em *stock*

Como já foi referido anteriormente, a classificação das peças presentes em *stock* é de extrema importância pois permite agilizar uma série de processos.


A identificação das peças em *stock* na *Pinewells* é muito rudimentar, talvez devido à juventude da unidade ainda não existe um sistema de identificação estruturado. A identificação baseia-se na descrição total do material, por exemplo:

- Lubrificante galp transgear 220 SW;

- Anel bimetálico fixação rolos prensa;
- Parafuso sext.int.cilind.M30x60 R.T.CL. 12.9;
- Sonda temperatura PT100 tekon BS.PT.1.1C.2.6.

Esta nomenclatura apesar de esclarecedora pois não deixa dúvidas em relação ao tipo de material em questão, não é prática para ser utilizada no dia-a-dia na dinâmica de uma fábrica deste calibre, uma vez que perante uma avaria ou mesmo no acondicionamento dos materiais em armazém torna-se demasiado extensa.

Perante a necessidade real de atualizar este sistema foi desenvolvida uma catalogação em Microsoft Access assente num sistema de codificação simplificado. A codificação desenvolvida classifica as peças por Item, Família, Grupo, Subgrupo (modelo) e Subgrupo (descritivo).



Item	Family	Group	Model	Description	Location
1.0405.39	MECÂNICA	CHUMACEIRA E ROLAMENTOS	ROLAMENTO	ROLAMENTO 22215 E1/K	C3
1.0405.40	MECÂNICA	CHUMACEIRA E ROLAMENTOS	ROLAMENTO	ROLAMENTO 22218 E1/K	C3
1.0405.41	MECÂNICA	CHUMACEIRA E ROLAMENTOS	ROLAMENTO	ROLAMENTO 22220 E1/K	C3
1.0405.42	MECÂNICA	CHUMACEIRA E ROLAMENTOS	ROLAMENTO	ROLAMENTO 22222 E1/K	C3
1.0405.43	MECÂNICA	CHUMACEIRA E ROLAMENTOS	ROLAMENTO	ROLAMENTO 22228 E1/K	C3
1.0405.44	MECÂNICA	CHUMACEIRA E ROLAMENTOS	ROLAMENTO	ROLAMENTO 23230 CC/W3	C3
1.0405.45	MECÂNICA	CHUMACEIRA E ROLAMENTOS	ROLAMENTO	ROLAMENTO 32207 DY	C3

Figura 3.3. Modelo de identificação em Microsoft Access.

Através do código numérico atribuído ao item será possível visualizar a descrição detalhada do material bem como a sua localização em armazém, o que facilita o acesso à peça de forma rápida e inequívoca. Associado ao código item está uma coordenada de localização específica. A atribuição da localização foi idealizada de forma bastante simples, as estantes foram convertidas a um sistema em matriz (Tabela 3.2.) do tipo prateleira por coluna (4x3):

Tabela 3.2. Sistema identificativo em matriz do tipo 4×3.

Prateleira/Coluna	1	2	3
A	A1	A2	A3
B	B1	B2	B3
C	C1	C2	C3
D	D1	D2	D3

A nova codificação pretende simplificar a tarefa de identificação da peça em armazém a todos os colaboradores de forma a reduzir o tempo de reposição da mesma quando é preciso efetuar troca por motivo de avaria ou desgaste.

Mais tarde a próxima etapa passará pela evolução do sistema de identificação em desenvolvimento para um sistema de leitura ótica, o qual permitirá reduzir os tempos de processamento das peças e os erros de digitação.

3.5. Análise ABC

3.5.1 Valor em *Stock*

A cada grupo de materiais é atribuída uma classe A, B ou C, de acordo com o seu valor económico. O valor económico é entendido como o valor em *stock* de cada material e serve para determinar a periodicidade de revisão dos parâmetros e o grau de controlo exercido sobre cada grupo de materiais.

Registando nas ordenadas as percentagens relativas ao acumulado do valor em *stock* e nas abcissas as percentagens relativas ao número materiais abrangidos, a representação gráfica da análise ABC é a seguinte:

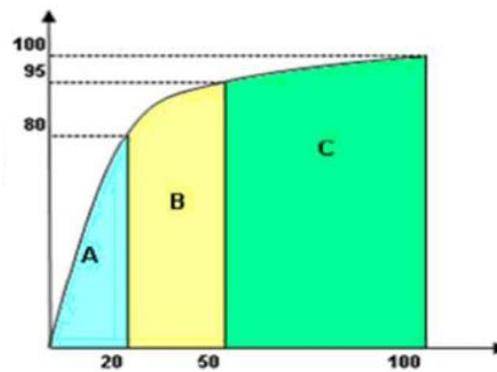


Figura 3.4. Representação gráfica das classes A, B e C (Nogueira, 2007).

Classe A: No gráfico anterior, os itens representados pela área a azul, constituem os principais itens em *stock*, necessariamente onde recai o maior foco de atenção sob o ponto de vista da gestão de *stock*, pois são materiais de maior valor económico.

Classe B: Esta classe representada pela área a amarelo, compreende os itens que ainda são considerados economicamente pertinentes, logo após aos itens pertencentes à classe A.

Classe C: Não deixando de ser importantes, os itens da classe C podem inviabilizar a continuidade do processo caso não estejam disponíveis, no entanto o critério estabelece que o seu impacto económico não é dramático, o que leva a merecer menor atenção em relação aos anteriores.

Em anexo, estão os cálculos realizados na análise do *stock* utilizando a classificação do valor económico. Em seguida é apresentada a curva típica obtida através do tratamento dos referidos dados.

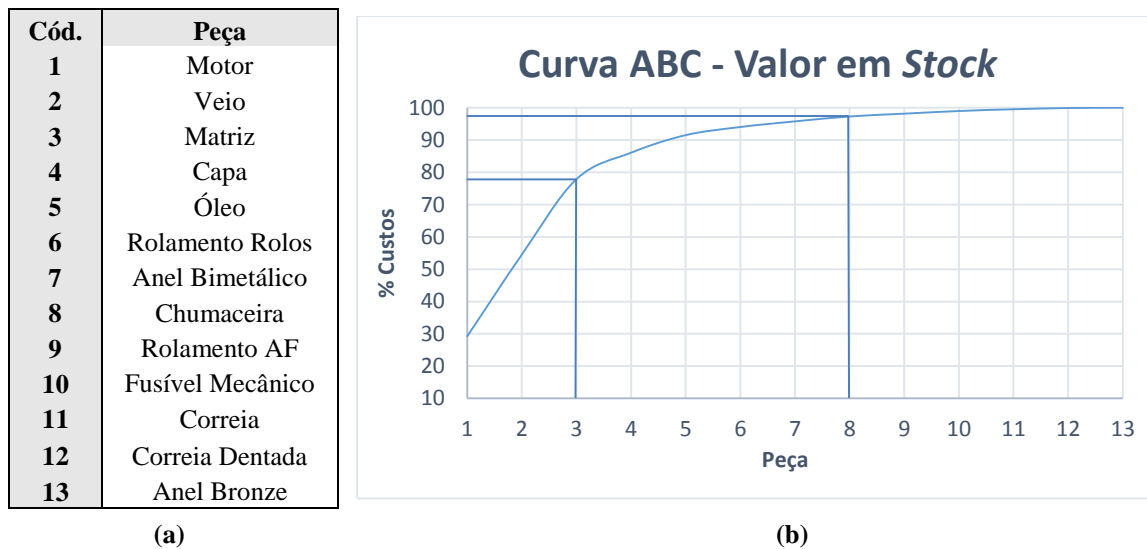


Figura 3.5. (a) Relação código-peça; (b) Curva ABC - Valor em *stock*.

Numa primeira análise ABC verifica-se que 23 % das peças e 78 % dos custos representam a classe A (cód. 1,2 e 3), 30 % das peças B representam 17 % dos custos (cód. 4,5,6 e 7), e finalmente, classe C engloba 46% das peças representam apenas 5 % dos custos (cód. 8, 9, 10, 11, 12 e 13). Constata-se que existe uma pequena discrepância nos resultados em relação à distribuição da quantidade de peças especialmente nas classes A e C.

Por exemplo, as matrizes são peças de grande movimento que não possuem um valor significativo de imobilizado em armazém, pois são itens de constante rotação e renovação em *stock*. Pertencem à classe A, itens importantes mas de reduzido número no sistema de armazenagem. Seria expectável que por uma questão de estratégia estas peças fossem transferidas para a classe B, no entanto optou-se por seguir a literatura e atribuir a classe consoante a percentagem acumulada de custos.

Em relação às peças de baixa movimentação pode-se mencionar por exemplo, o motor elétrico e o veio central das prensas, itens que raramente são retificados e muito menos substituídos. No entanto, são peças que a sua falha ou avaria poderá provocar a paragem de todo o processo de produção, logo é aconselhável que estejam presentes no sistema de *stock* em caso de emergência eminente, apesar do seu elevado valor monetário.

Estas peças de baixa rotação ocupam o armazém por longos períodos de tempo sendo necessário uma ponderação acrescida na sua aquisição, é fundamental fazer uma análise custo/benefício.

3.5.2 Consumo anual

O critério de classificação dos itens através do valor em *stock* de artigos não é o mais correto. Anteriormente fez-se uma avaliação de cada item de acordo com o seu valor em *stock* o que faz com que os itens com maior valor em *stock* sejam considerados os mais importantes. Assim, se existir um material em excesso no armazém, esse material será sobrevalorizado, ao passo que um material que apresente um nível de *stock* mais baixo do que o ideal irá ser subvalorizado. Assim, considerou-se que o mais indicado seria utilizar como critério de valorização o consumo anual de cada material.

Nesta avaliação concreta, não foram consideradas as peças 1 e 2, que correspondem respetivamente, ao motor elétrico e veio central, uma vez que ainda não existem registo de consumos destes artigos. Segue em Anexo os cálculos efetuados para proceder à classificação de acordo com o critério do consumo anual. O gráfico seguinte ilustra a curva ABC resultante deste tipo de classificação.

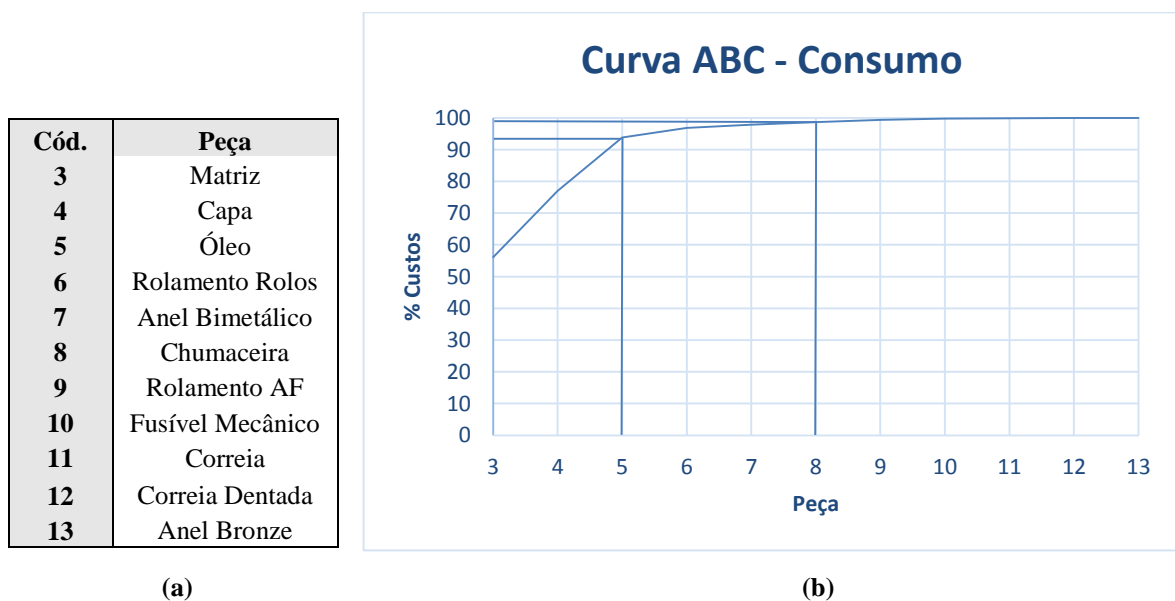


Figura 3.6. (a) Relação código-peça; (b) Curva ABC - Consumo.

Como seria de esperar, a distribuição dos itens é bastante diferente da elaborada anteriormente. Desta nova abordagem resulta que, 18% das peças (cód. 3 e 4) pertencem à classe A que engloba 77% dos custos, a classe B com 27% das peças (cód. 6, 7 e 8) e 20% dos custos, e a classe C aglutina 55% das restantes peças e apenas 3% dos custos totais.

Como na análise anterior, existem pequenos desvios dos valores estabelecidos na literatura, no entanto estes servem apenas de guia, não é necessário serem seguidos escrupulosamente. A análise ABC é fundamental na elaboração de um programa de ação para melhorar a gestão de *stocks*, reduzindo o capital investido em *stock*, bem como, os custos operacionais.

3.6. Análise da Procura

Através de dados históricos recolhidos a partir do Microsoft Excel, foi possível avaliar os consumos relativos às peças em análise de estudo. A maioria dos artigos encontrados na literatura agrupa estes dados em períodos de um mês, por isso foi seguido o mesmo critério de divisão temporal. De referir ainda, que do conjunto resultante da triagem dos itens em *stock* foram excluídos desta análise o veio central e o motor elétrico pois não há registo de dados relativos ao seu consumo, uma vez que nunca houve a necessidade de serem substituídos.

De acordo com o capítulo 2.9., a matriz, a capa, o óleo lubrificante, o rolamento dos rolos, o anel bimetálico e o de bronze, o fusível mecânico e o jogo de correias têm um intervalo entre consumos inferior a 1,32 meses. Para proceder à correta análise da procura é fundamental calcular a variabilidade da procura destes materiais. Assim verificou-se que apenas o anel bimetálico tem uma variabilidade superior a 0,49 (ver Figura 3.7.), o que significa que, de acordo com o modelo de categorização da procura proposto por Syntetos (2005), esta peça pertence ao quadrante do tipo de procura errática. Os restantes materiais mencionados apresentam procura do tipo contínua.

A chumaceira, o rolamento da alimentação forçada e a correia dentada possuem um intervalo entre consumos superior a 1,32 meses. Analisando a variabilidade da procura relativa a estes componentes, foi possível verificar que todos têm variabilidade menor a 0,49. Logo pertencem ao quadrante da procura do tipo intermitente, não existindo *stock* de peças de procura irregular, tipo de procura não desejável em armazém.

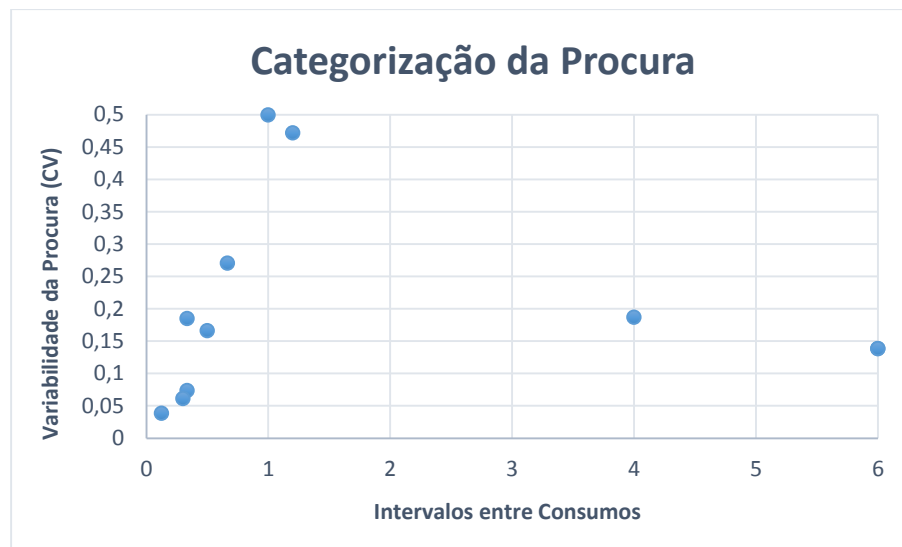


Figura 3.7. Distribuição da procura das peças selecionadas.

Contrariamente ao que seria expectável, a maioria das peças em armazém (63,6%) apresenta uma procura do tipo contínua. Apenas 36,4% dos materiais segue uma procura intermitente, onde os consumos são muito espaçados e de dimensão pouco variável.

Os materiais de procura intermitente são os que mais contribuem para o aumento do custo de posse, uma vez que são aqueles que apresentam maior intervalo entre consumos, ou seja, que permanecem mais tempo em *stock*. Logo mesmo existindo menos saídas de material, cada movimento representa uma percentagem considerável dos custos com as saídas.

As peças de procura intermitente merecem especial atenção no que respeita ao modelo de gestão a aplicar. Como são itens onde procura é muito esporádica no tempo, não pode ser utilizado o mesmo sistema de gestão como por exemplo, para as peças de procura contínua.

Em relação à única peça de procura errática, como o tempo de reposição é muito curto, não existe necessidade de adotar um sistema diferente do proposto para as peças de procura intermitente.

3.7. Previsões de *stock*

Foram estudadas algumas soluções para a gestão do *stock* analisado, de forma a constituir uma mais-valia na tomada de decisões, como na quantidade a encomendar e em que momento encomendar. O principal objetivo é escolher a solução que corresponda a um custo mínimo, ponderando os prós e contras que a sua aplicação implica.

3.7.1 Itens de procura contínua

➤ **Aplicação do Modelo de Revisão Contínua**

O método de revisão contínua foi aplicado a todas as peças alvo de estudo, no entanto, tal foi realizado apenas como exercício académico. Este critério de revisão pressupõe uma procura contínua dos itens envolvidos, logo só serão tidos em consideração os resultados obtidos para este tipo de procura específica. Os resultados obtidos estão expostos no Anexo D.

Analisando os resultados, conclui-se que em algumas peças (cód. 3, 4 e 6) o ponto de encomenda (PE) é superior à quantidade ótima de encomenda (QOE). Esta ocorrência deve-se ao fato de ser mais vantajoso neste tipo de previsão estar constantemente com encomendas em trânsito, isto é, antes de dada encomenda ser recebida já será necessário estar a lançar um novo pedido ao fornecedor. Normalmente, a revisão contínua é a solução mais económica contudo, este sistema aplicado a este caso, torna-se de controlo complicado de gerir, pois exige que o responsável pelas compras esteja constantemente a fazer pedidos e ainda obriga à existência de um *stock* fictício.

Assim, foram exploradas outras opções, que passam pela aplicação de outro método de previsão, a revisão periódica. Foram estabelecidos prazos diferentes para o lançamento de encomendas hipotéticas ao fornecedor, com o objetivo de analisar qual o intervalo de tempo mais vantajoso, ou seja, o que corresponde ao menor volume de imobilizado em armazém.

➤ **Aplicação do Modelo de Revisão Periódica**

Foi estabelecido uma variação da frequência de encomendas para um intervalo trimestral, bimestral e mensal. Analisando os resultados pode-se verificar que, conforme já esperado, existe um aumento do *stock* de segurança (SS). Quanto maior o espaço entre

encomendas maior quantidade de itens acumulados. À partida, já era de esperar que os custos associados a este modelo de revisão fossem superiores ao modelo de revisão contínua, mas tendo em conta a complexidade que um sistema de revisão contínua iria exigir, é necessário ponderar os custos mas também a viabilidade do sistema.

Em relação aos períodos de tempo estipulados entre encomendas, a revisão trimestral acaba por se revelar muito dispendiosa no sentido em que, obriga a um grande investimento de imobilizado para suportar um *stock* de segurança elevado. Se em peças em que o custo unitário é relativamente baixo, poderá não ser um critério relevante, em peças dispendiosas é uma situação completamente destinta.

3.7.2 Outros itens

Os modelos de revisão contínua e periódica pressupõem que a procura segue uma distribuição normal o que, como observado anteriormente, pode não ser verdade para os itens com saída intermitente ou imprevisível.

Então, para os itens de procura intermitente e errática, verificou-se que o seu consumo era muito esporádico e que seguia uma distribuição muito simples, ou é consumida uma ou duas unidades ou não é consumida nenhuma do *stock* disponível. Assim, para uma distribuição deste tipo não há necessidade de grandes artifícios uma vez que, só iria tornar complexa uma questão de simples resolução. Assim, propõe-se a utilização do modelo de duplo lote, ou seja, quando um item em *stock* é consumido, imediatamente é dada uma ordem de compra para restabelecer o *stock* inicial. Este sistema requer um *stock* mínimo de duas unidades. O custo destas peças não é significativo uma vez que, em relação ao restante *stock* são bastante acessíveis. A tabela seguinte expõe com clareza aquilo que se sugere.

Tabela 3.3. *Stock* mínimo e respetivo custo.

	SS	Custo
cód. 7	2	150,00 €
cód. 8	2	139,92 €
cód. 9	2	97,48 €
cód. 12	2	54,70 €
Total	8	442,10 €

Em relação às peças (cód. 1 e 2) que apresentam procura inexistente, o modelo de duplo lote não faria sentido, pois tratam-se de itens com custos muito elevados que representam um enorme investimento da parte da gestão de *stocks*, como se pode verificar na Figura 3.4.. Então, propõe-se que conste apenas um item de cada como *stock* sobresselente. A probabilidade de ser necessário outro item no período de tempo de reposição, é extremamente reduzida dado que, em aproximadamente cinco anos de funcionamento da *Pinewells*, não se registaram consumos destes itens.

Tabela 3.4. *Stock* mínimo e respetivo custo.

	SS	Custo
cód. 1	1	15 000,00 €
cód. 2	1	13 000,00 €
Total	2	28 000,00 €

3.7.2 Análise de custos

Adicionalmente foi realizada uma análise dos custos em função do nível de serviço pretendido. Foram estipulados níveis de serviço típicos de 95%, 97,5% e 99%. Um nível de serviço de 100% não é economicamente viável, além de poder ser impossível de garantir. Assim, quando se atribui um nível de serviço de 95%, isto representa que durante um ano, a probabilidade de ocorrer falhas no *stock* é de 5%.

Admitindo que o nível de serviço de 97,5%, seria o nível mas adequado para este tipo de indústria, dado que, existiria uma margem para falhas de 2,5%, foram idealizadas duas propostas para este caso. Em seguida, estão apresentados os resultados da análise de custos em função do nível de serviço, para uma revisão contínua ou uma revisão periódica do *stock*. É de salientar que, o aumento do nível de serviço, traduz-se no aumento do *stock* de segurança, pois quanto menor é a probabilidade de falha do sistema, maior *stock* será necessário possuir de forma a dar resposta a tal exigência.

Tabela 3.5. Análise dos custos em função do NS (revisão contínua).

NS	SS			Custo		
	95%	97,50%	99%	95%	97,50%	99%
cód. 3	2	2	3	8 000,00 €	8 160,13 €	12 000,00 €
cód. 4	6	8	9	3 604,01 €	4 800,00 €	5 400,00 €
cód. 5	1	1	2	389,50 €	389,50 €	779,00 €
cód. 6	3	4	4	837,00 €	1 116,00 €	1 116,00 €
cód. 10	3	4	4	90,00 €	120,00 €	120,00 €
cód. 11	1	1	1	29,80 €	29,80 €	29,80 €
cód. 13	2	2	2	40,00 €	40,00 €	40,00 €
Total	18	22	25	12 990,31 €	14 655,43 €	19 484,80 €

Tabela 3.6. Análise dos custos em função do NS (revisão periódica mensal).

NS	SS			Custo		
	95%	97,50%	99%	95%	97,50%	99%
cód. 3	4	5	6	16 000,00 €	20 000,00 €	24 000,00 €
cód. 4	8	9	11	4 800,00 €	5 400,00 €	6 600,00 €
cód. 5	3	3	4	1 168,50 €	1 168,50 €	1 558,00 €
cód. 6	8	9	11	2 232,00 €	2 511,00 €	3 069,00 €
cód. 10	4	5	6	120,00 €	150,00 €	180,00 €
cód. 11	3	4	4	89,40 €	119,20 €	119,20 €
cód. 13	3	4	5	60,07 €	80,00 €	100,00 €
Total	33	39	47	24 469,97 €	29 428,70 €	35 626,20 €

3.7.2 Propostas

Depois de serem apresentadas todas as observações pertinentes, surgem duas propostas (A e B). Na proposta A, é considerada uma revisão contínua para os itens com o mesmo tipo de procura, o sistema de duplo lote para os itens de procura intermitente e errática, e o de reposição imediata quando o nível de *stock* é igual a zero, para os itens de procura inexistente. A proposta B sugere um sistema de revisão periódica mensal para os itens de procura contínua, e os anteriormente referidos sistemas de duplo lote para uma procura intermitente e errática, e o de reposição imediata para os itens que não apresentam consumo. Ambas as propostas consideram um nível de serviço mínimo do sistema de 97,5%.

Os custos relativos às propostas A e B foram deliberados, segundo o custo e estão apresentados na tabela seguinte. É necessário efetuar uma análise criteriosa das propostas sugeridas à administração da *Pinewells*, de modo a ponderar a melhor relação custo/benefício.

Tabela 3.7. Custo associado às propostas.

	Proposta A	Proposta B
Total	43 097,53 €	57 870,80 €

Claramente a proposta B requer mais investimento, e maior concentração de itens em armazém, contudo é de fácil implementação e não exige um controlo tão rigoroso como o da proposta A, onde o *stock* é monitorizado em tempo real de forma a permitir o constante sistema de lançamento de encomendas ao fornecedor.

3.8. Manutenção *Pinewells*

A *Pinewells* possui uma equipa de manutenção própria que tenta dar resposta às variadas situações que suscitam necessidade de intervenção. No entanto, quando as manobras realizadas não são suficientes e/ou a equipa não tem meios suficientes para atuar no caso em específico contrata equipa de manutenção exterior para realizar estes trabalhos. Esta equipa subcontratada pertence a uma empresa situada na zona da Marinha Grande, sensivelmente a 130 km, que presta serviços em quase todos os equipamentos. Desde compressores, a empilhadores, bem como no acondicionamento de peças, como por exemplo o veio das prensas.

Quando existe uma requisição de intervenção ao departamento da manutenção, a qual é priorizada pelo chefe de manutenção, esta poderá ser de intervenção imediata, de intervenção planeada ou de intervenção de investimento (melhoria). Se a equipa a atuar for a subcontratada no máximo em 24h o problema terá de estar resolvido, mas dependendo do equipamento em questão e do que vigora em contrato assinado por ambas as partes.

O programa de manutenção preventiva definida pela empresa é colocado em prática todos os dias, entre 9.15h e as 12h, uma vez que é neste horário o período de ponta do tarifário elétrico, intervalo de tempo onde o custo de consumo de energia elétrica é mais elevado. A energia elétrica representa uma das maiores fatias da fatura mensal da *Pinewells*, desta forma evita-se o consumo neste período contribuindo para o decréscimo dos custos associados a este horário de ponta.

Centenas largas de peças de reserva permanecem em *stock* para realização de intervenções de manutenção, onde são guardadas em armazém próprio separadas das

restantes peças (armazém da manutenção). Este armazém encontra-se situada na zona da oficina da manutenção onde também fica a zona de obras.



(a)



(b)

Figura 3.8. (a) Zona de sobresselentes de componentes de transmissão; (b) Zona de sobresselentes de componentes diversos.

Como foi referido anteriormente, é essencial existir um histórico das avarias ocorridas bem como as intervenções levadas a cabo para restabelecer o equipamento danificado. A *Pinewells* dispõe de uma aplicação em Excel, onde os funcionários de turno aleatório anotam sempre que necessário situações anómalas. Apesar do curto período de funcionamento da fábrica, o histórico referido foi criado a partir de meados do primeiro ano de produção, apesar de existirem inúmeras lacunas nos dados introduzidos. Esta compilação de registos foi sofrendo alterações com o passar do tempo, de forma a melhorar a fiabilidade dos dados.

Este histórico não só é referente às prensas mas também existe registo de outros equipamentos fundamentais da linha de produção, como os moinhos (secos e verdes) e destrojador (de biomassa e de rolaria). A figura 3.9., representa a configuração do histórico atual. Este formato foi introduzido em 2012.

Controlo de Horas de Paragens							
Prensa 3							
Paragem		Arranque		Tempo Total	Horas	Motivo Paragem	Observações
Data	Hora	Data	Hora				
18/jun	9:40	18/jun	10:20	0,7		Paragem de Equipamento Associado	P11-5, partiu corrente motor
20/jun	7:30	20/jun	12:20	4,8		Paragem de Equipamento Associado	Elevador P6-13 partiu;
21/jun	4:10	21/jun	4:50	0,7		Paragem de Equipamento Associado	P6-13, a tela batia na estrutura do elevador
23/jun	13:51	23/jun	14:10	0,3		Falha Eléctrica na Rede	
24/jun	9:43	24/jun	12:15	2,5		Paragem de Equipamento Associado	Inspeção P6-13
27/jun	9:10	27/jun	12:34	3,4		Manutenção	Rebarbou-se os 2 rolos
27/jun	22:33	27/jun	23:30	0,9		Avaria	Troca rolo esquerdo
30/jun	4:45	30/jun	14:00	9,3		Falta Semi-Produto	
01/jul	9:00	01/jul	23:10	14,2		Paragem Global	Rebarbou-se rolos
02/jul	9:20	02/jul	12:23	3,1		Folga / Tarifário	
02/jul	12:35	02/jul	13:12	0,6		Avaria	Partiu fusível mecanico.
02/jul	14:49	02/jul	15:20	0,5		Avaria	Alarme pressão de oleo.
03/jul	9:15	03/jul	12:15	3,0		Folga / Tarifário	
03/jul	12:15	03/jul	12:57	0,7		Falta Semi-Produto	Secador parado.

Figura 3.9. Histórico do controlo das horas de paragens.

As avarias nas prensas são relevantes no sentido que uma ou mais avarias podem significar decréscimos de produção. Uma avaria de prensa é facilmente contornada e as metas estabelecidas de produção são atingidas com menos uma prensa, no entanto é necessário que as restantes quatro trabalhem o dia inteiro, sem fazer paragem no período de ponta do tarifário eléctrico.

Em situações extraordinárias, já aconteceu a paragem das cinco as prensas, devido a fatores externos, contudo nunca relacionados com a mecânica interna da máquina, como por exemplo, a entrada de matéria-prima rica em madeira de eucalipto (em *pellet* doméstico o uso deste tipo de madeira deve ser nulo) ou a uma avaria na caldeira que parou o processo de transformação da água em vapor, e posteriormente a mesma entrou em contato com todas as prensas.

Nas prensas as paragens são quase previstas, uma vez que ao nível das matrizes e rolos (peças de desgaste) a equipa de manutenção já possui experiência necessária para determinar quando é necessário a troca do material. No entanto, podem surgir situações inesperadas como folgas na matriz, que se resolvem com a introdução de um anel bronze para que não haja acumulação excessiva de madeira e conseqüente obstrução dos furos de passagem do pellet na matriz. Ainda fatores externos podem estar na origem destas paragens. Por exemplo, uma falha de energia eléctrica pode danificar os fusíveis mecânicos de todas as prensas.

É comum realizarem “*upgrade*” em equipamentos e peças, prevenindo a sua obsolescência – manutenção de investimento. O recondicionamento de peças desempenha um papel de extrema importância no processo, dado que permite a redução de custos

associados à aquisição de nova encomenda para peça específica. Na zona de granulagem apenas as matrizes das prensas são retificadas para voltar a exercer função.

3.8.1 Tempo de paragens

Em relação ao período de paragem das prensas, constatou-se que ao longo dos anos este tempo tem sido reduzido gradualmente como seria expectável. Em relação ao presente ano, os dados recolhidos são alusivos até meados do mês de Agosto, no entanto é esperada uma distribuição semelhante a anos anteriores do tempo de paragens. Como já foi referido no capítulo anterior, as paragens são quase todas programadas pela equipa de manutenção para efeitos de cumprimento do programa estabelecido de manutenção preventiva, porém existem “arestas” a limar no que toca ao tempo de *setup* dos equipamentos.

Ainda de referir que, relativamente ao estudo do MTTR, ou seja, o tempo médio de reparação, o histórico existente revelava-se inconsistente quanto a este aspeto, contendo tempos bastante díspares para o mesmo tipo de reparação.

Esta variação nos dados pode ser justificada pela falta de identificação de muitas peças em armazém, e conseqüentemente o desconhecimento da sua localização física, o que faz aumentar o tempo despendido na reparação dos equipamentos. É fundamental que a equipa tenha consciência da importância de um registo rigoroso, o que muitas vezes não acontece, só assim será possível otimizar o setor e detetar falhas. Dependendo da equipa em serviço, os tempos de reparação também poderão variar.

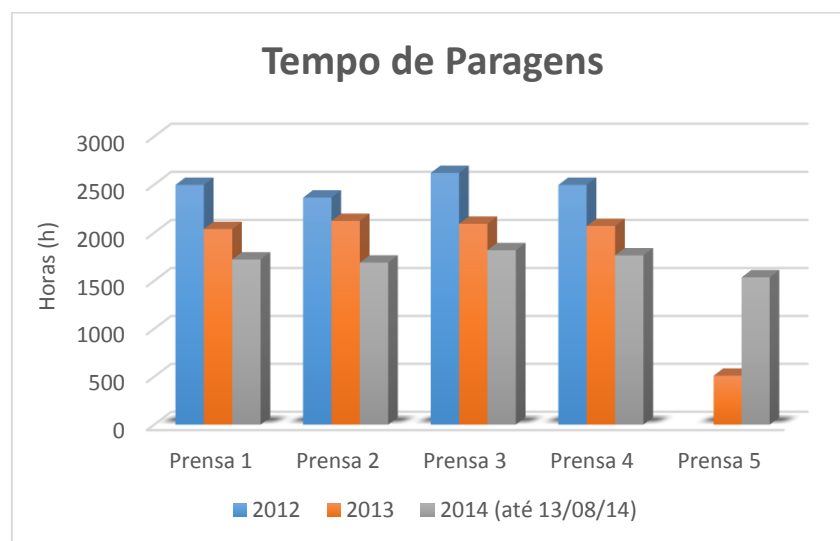


Figura 3.10. Análise gráfica do tempo de paragens das prensas.

3.8.2 Avarias

Este tipo paragem está associada ao número de avarias ocorridas no período analisado. De acordo com os dados históricos recolhidos, as avarias são fortuitas e o tempo do início de funcionamento dos equipamentos ronda os 5 anos, com a exceção da prensa 5 a última a ser instalada, assim as prensas 1, 2, 3 e 4 situam-se na fase de maturidade e a prensa 5 na fase de juventude do seu período de vida. Na fase de maturidade as avarias aparecem sem degradação acumulada (desgaste ou fadiga) significativa, isto é, as falhas são aleatórias. Na fase de juventude a taxa de avarias é decrescente, ocorrendo um elevado número de falhas precoces entre a conceção, fabrico, montagem e rodagem do equipamento.

De referir que o material menos refinado e com mais impurezas entra em contato sempre em primeiro lugar com as prensas 1 e 2, talvez por isso apresentem valores de avarias superiores às restantes prensas. Como a prensa 5 é mais recente (fase de juventude do equipamento), talvez por ainda estar em fase experimental de rodagem, é a que atualmente exige mais atenção sobre ponto de vista do setor da manutenção.

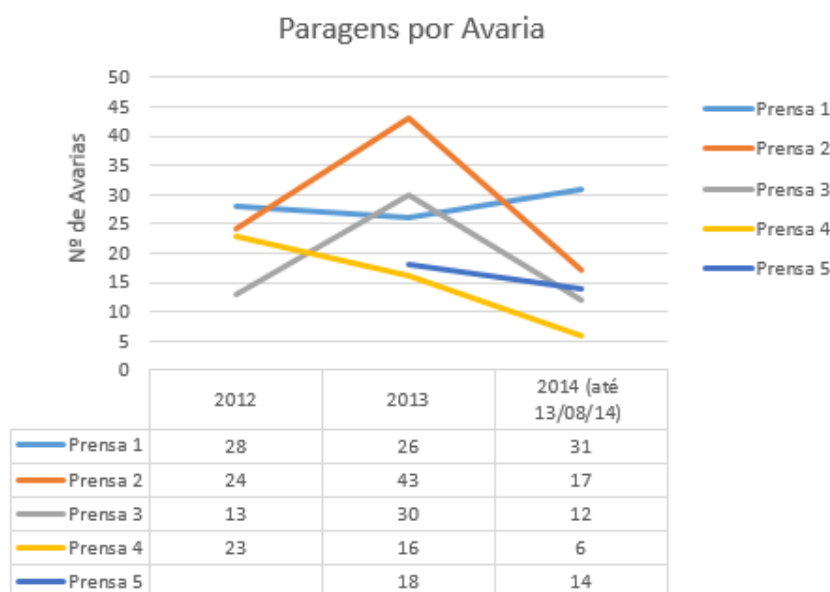


Figura 3.11. Análise gráfica do número de avarias das prensas.

De forma a manter a coerência e alcançar resultados fiáveis foi apenas analisado o ano de 2013 para a análise da percentagem do tempo de paragens por avaria, uma vez que em 2012 ainda não estava em funcionamento a prensa 5, bem como 2014 (o presente ano) ainda estar a decorrer o registo. Como tal, foi analisada a percentagem no total de paragens

que corresponde a paragens não planeadas/previstas, as avarias. Assim constatou-se que o tempo de paragem relativo a avarias é bastante reduzido, como pode ser observado na seguinte tabela.

Tabela 3.8. Análise da percentagem de tempo de paragem correspondente a avarias.

	Tempo de Paragem (h)	Tempo de Avaria (h)	% Tempo de Avaria
Prensa 1	2038,48	61,4	3,0
Prensa 2	2123,30	203,2	9,6
Prensa 3	2093,25	174,6	8,3
Prensa 4	2070,43	25,3	1,2
Prensa 5	509,83	23,4	4,6

Como se verifica, a percentagem é bastante reduzida, no entanto, e em particular para prensa 2 e 3 que apresentam o valor mais elevado, convém ser revisto alguns aspetos ligados ao tempo médio de reparação das avarias. Para tal é fundamental tentar otimizar o tempo de verificação se a avaria existe de fato, o tempo de diagnóstico, o tempo de acesso ao equipamento avariado, o tempo de substituição da(s) peça(s), o tempo de montagem e finalmente o tempo de controlo e de arranque do sistema.

3.8.3 Tipos de avaria

Analisando o histórico é possível constatar que existem avarias que são mais comuns do que outras, por esta razão é fundamental existir *stock* das peças necessárias para suprimir este tipo de avarias, não descurando obviamente os restantes itens. Mais uma vez se constata que um registo criterioso do histórico dos equipamentos é uma forma de alcançar uma boa gestão das peças de reserva. Através da análise do histórico pode-se concluir quais as peças indispensáveis que deverão constar em *stock*, bem como sua a quantidade. Claro que este não deve ser o único indicador a ser utilizado na gestão do armazém, mas sem dúvida que constitui um preciso meio de consulta.

Verificado o histórico das avarias conclui-se que as avarias típicas incluem danos nos rolos, correias e matrizes, e problemas de lubrificação nos equipamentos. Os rolos como já foi referido anteriormente, compreendem duas peças, as capas e os rolamentos. Os danos nos rolos podem ser de diferentes origens, tais como, problemas de afinação (existência de

folgas entre os rolamentos), excesso de temperatura, falta de limpeza, substituição das capas que e até mesmo rutura do rolamento. O mesmo se aplica às matrizes.

As correias também são peças de acentuado desgaste que podem chegar ao limite de utilização com a sua rutura e conseqüente paragem da prensa. Em relação aos problemas de lubrificação, têm principal origem no aquecimento excessivo do óleo na prensa, o que conduz ao disparo do alarme de temperatura. No entanto, outros constituintes da prensa necessitam de ser regularmente lubrificados para potenciar o aumento de vida útil.

Para o ano 2013, os dados recolhidos de avarias nas cinco prensas referentes aos rolos foram aproximadamente de 55,9%, nas correias de 11,8%, nas matrizes de 8,8% e problemas ao nível da lubrificação de 16,6%.

É possível verificar que a ocorrência destas falhas vai desencadear um maior consumo dos itens necessários à reparação das mesmas. Assim, como se comprovou na análise ABC que utiliza o critério de classificação o valor do consumo, a esmagadora maioria destes itens pertencem às classes A e B, isto é, classes onde o valor consumido é superior, logo que abrange um leque de materiais críticos para o correto desempenho do setor da manutenção. Mais uma vez, é de referir a importância desta análise na gestão de *stocks* na área da manutenção.

Em suma, os mencionados itens deverão constar sempre em *stock*, e em quantidade capaz de dar resposta a todos os pedidos da manutenção.

No capítulo anterior foi aprofundado o tema relativo à quantidade ideal a reter em *stock* para cada peça, de modo a minimizar os custos de posse, e maximizar o rendimento operacional global dos equipamentos.

4. CONCLUSÕES

4.1. Propostas de melhoria

Tendo em conta que o desempenho de funções da unidade teve início em 2009 e os primeiros registos de dados são referentes ao ano de 2012, existe ainda pouco material histórico a avaliar. Sem dúvida, que se trata de uma condicionante aos resultados finais, pois um volume maior de dados aumentaria a precisão dos resultados.

Assim, com o passar do tempo e com uma recolha contante e meticulosa dos dados relativos ao *stock*, será possível adequar o modelo de revisão de acordo com a recolha mais recente.

Seria vantajoso para a organização a implementação de um ERP, neste caso particular, o software SAP. Para além dos benefícios apresentados no início deste projeto, a uniformidade com o restante grupo Visabeira que já é utilizador deste sistema, representaria uma mais-valia na partilha de informação entre unidades do grupo. Para além disso, grande parte da gestão da manutenção da fábrica passaria a ser agendada automaticamente. Do ponto de vista da gestão dos *stocks*, a implementação do código de barras nas peças sobresselentes, facilitaria bastante o controlo da quantidade presente em *stock*, uma vez que, das análises realizadas ao mesmo, verificou-se que está sobredimensionado para alguns dos itens.

As peças de sobresselentes devem estar corretamente dispostas no armazém de acordo com as coordenadas de localização associadas ao código do item, o que nem sempre acontece. Este tipo de situação não pode ser menosprezada, pois em situação de paragem por avaria, o tempo associado pode ser reduzido significativamente uma vez que, o operário sabe exatamente onde está o material que necessita para efetuar a reparação. Assim, o tempo de *picking* reduz, o que numa situação de paragem não prevista revela-se muito importante, onde todos os minutos representam um decréscimo a nível produtivo.

Talvez devido à juventude da indústria, não foi detetado *stock* de peças obsoletas, que constituem um desperdício de espaço físico. O curto período de funcionamento da fábrica, não permite uma desatualização dos itens sobresselentes. No entanto, é fundamental

não deixar acumular itens, de forma a reduzir custos de posse e o risco de se tornarem materiais obsoletos.

Para que seja possível registar melhorias, é crucial existir uma sensibilização para a importância do controlo da qualidade de informação inserida pelos colaboradores no sistema, nomeadamente no registo de paragens por avarias, manutenção dos equipamentos e flutuações do *stock* de sobresselentes. É necessário incutir, nomeadamente aos operários, a sensibilidade de perceber quando um material é ou não crítico, a sua importância económica e se a sua frequência de saída é do tipo intermitente. Desta forma, a perceção do armazém torna-se mais clara e o sentimento de contribuição dos operários para a tomada de decisões ao nível da gestão dos *stocks* será superior.

O armazém tenta assim cumprir o seu papel, ao adequar a sua gestão às necessidades da fábrica, e esta deverá primar por fornecer informação correta e atempada das suas carências. Em suma, a gestão de *stocks* só poderá ser eficiente se existir a colaboração de todos os intervenientes na cadeia produtiva.

4.2. Perspetivas de trabalho futuro

Numa perspetiva futura, e com novos registos no histórico dos equipamentos envolvidos no processo, deverá ser realizada uma melhoria nos processos de manutenção, através de análises fiabilísticas aos equipamentos críticos de forma a otimizar as periodicidades e as instruções existentes nas manutenções preventivas. Este trabalho traduzir-se-á numa maior fiabilidade dos equipamentos, já que se poderá averiguar a qualquer momento, o ponto de vida em que cada equipamento se encontra, permitindo ainda decidir qual o momento em que determinado equipamento deve ser substituído.

Será necessário que o sistema de manutenções preventivas seja alvo de constantes melhorias a serem efetuadas ao longo do tempo, não só por causa do envelhecimento dos equipamentos, mas também pela compra de equipamentos novos.

Em relação à gestão das peças sobresselentes em armazém, poderia ser melhorada com as seguintes propostas:

- Criação de um modelo de gestão de apoio ao armazém, que abranja todo o tipo de procuras: errática, irregular, intermitente e contínua;

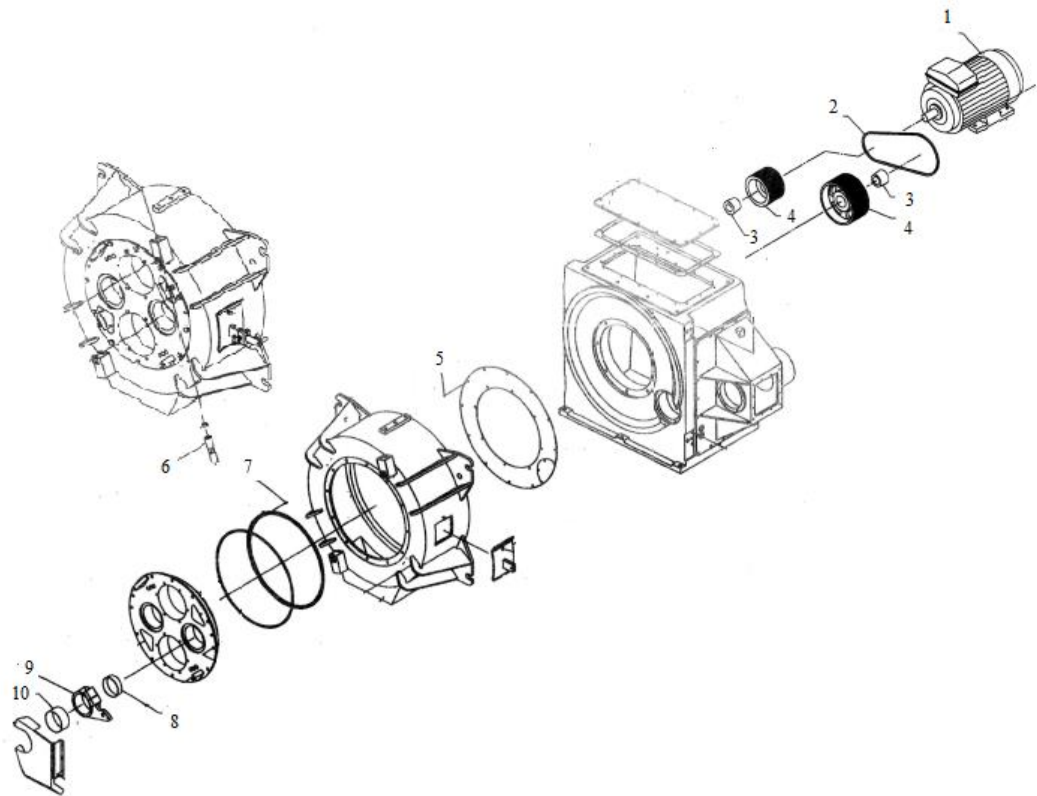
- Maior ligação dos planos da fábrica, relativamente a cada equipamento, com a logística, no sentido de prever o aparecimento de obsoletos;
- Realização da análise ao armazém em períodos de tempo mais curtos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ascensão, R. (2010). *Otimização do Processo de Manutenção na Caetano Bus S.A., Dissertação de Mestrado*. FEUP.
- Cabral, J. P. (2006). *Organização e Gestão da Manutenção, Dos conceitos à prática*. Lisboa: Lidel.
- Carvalho, N. (2011). *Implementação do Plano de Controlo Enspeção e Ensaio na Produção de Pellets de Madeira*. Instituto Politécnico de Viseu.
- Cavalieri, S., Garretti, M., Macchi, M., & Pinto, R. (2008). A decision making framework for managing maintenance spare parts. *Production planning & control*, pp. 19(4), 379.
- Ferreira, L. A. (1998). *Uma introdução à Manutenção*. Porto: Publindústria.
- Gestão da Manutenção e Disponibilidade dos Equipamentos*. (2007). Obtido de GIAGI: http://www.giagi.pt/_downloadFileB.asp?id=4&t=1
- Huiskonen, J. (2001). Maintenance spare parts logistics: Special characteristics and strategic choices. *Internacional journal of production economics*, 71(1-3) 125-133.
- Kennedy, W. J., Patterson, J. W., & Fredendall, L. D. (2002). An overview of recent literature on spare parts inventories. *International journal of production economics*, 76(2), 201-215.
- Magge, J. F., & Boodman, D. M. (1967). *Production Planning and Inventory Control*. NY: McGraw-Hill Book Company.
- Monchy, F. (1989). *A Função da Manutenção - Formação para a Gestão da Manutenção Industrial*. São Paulo: Durban Ltda.
- Nogueira, A. (s.d.). *Classificação ABC para melhorar a Gestão de Estoque*. Obtido de http://www.ogerente.com.br/novo/colunas_ler.php?canal=11&canallocal=41&canalsub2=132&id=180
- O Gestor*. (1994). Obtido de IAPMEI: <http://www.iapmei.pt/resources/download/gestoraprov.pdf>
- Pinto, C. V. (2002). *Organização e Gestão da Manutenção*. Lisboa: Monitor.
- Produto, Especificações técnicas*. (2010). Obtido de Pinewells: http://www.pinewells.com/especificacoes_tecnicas.aspx?pid=3&cid=13
- Ramalho, A. (2010). *Slides de Apoio da disciplina Gestão da Manutenção*. FCTUC.
- Saidane, S., Babai, M. Z., Aguir, M. S., & Korbaa, O. (s.d.). Spare parts inventory systems under an increasing failure rate demand interval distribution. *Proceedings oh the 41st International Conference on Computers & Industrial Engineering*, (pp. 768-773).
- Santos, J. (2011). *Modelo de Gestão de Stocks para um armazém de peças de reserva na Galp Energia, Dissertação de Mestrado*. FEUP.
- Silva, C. (2001). *Slides de Apoio da disciplina Gestão de Operações*. FCTUC.
- Syntetos, A. A. (2006). On the stock control performance of intermittent demand estimators. *International journal of production economics*.
- Syntetos, A. A., Keyes, M., & Babai, M. Z. (2009). Demand categorisation in a European spare parts logistics network. *International journal of operation & production management*, 29(3), 292.

- Xenos, H. G. (1998). *Gerenciando a Manutenção Produtiva*. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerência.
- Yang, K., & Niv, X. (2009). Research on the spare parts inventory. *IE and EM 2009 - Proceedings 2009 IEEE 16th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* .

ANEXO A – COMPONENTES DA PRENSA



Nº	Peça	Designação
1	Motor	Motor elétrico ABB 250 KW, 1450 rpm/min
2	Correia dentada	Correia dentada 800 H 200
3	Rolamento rolos	Rolamento rolos 23230 CA C3 W33
4	Capa	Capa de Rolo com sobremedida 10mm
5	Matriz	Matriz PM30 6,0x100/45
6	Fusível mecânico	Cavilha fusível PM30
7	Correia	Correia dentada SPC 3350
8	Anel bimetálico	Anel bimetálico PM 30
9	Rolamento AF	Rolamento alimentação forçada UCF 214
10	Anel bronze	Segmento de bronze PM30 250mm

ANEXO B – ANÁLISE ABC (VALOR EM STOCK)

código	peça	Custo unitário	Nº peças stock	Valor em stock	Valor stock decrescente	Valor stock Acum	% Acumulada	Classificação
1	motor	15 000,00 €	1	15 000,00 €	15 000,00 €	29,20987294	29,20987294	A
2	veio	13 000,00 €	1	13 000,00 €	13 000,00 €	25,31522321	54,52509615	A
3	matriz	4 000 €	3	12 000,00 €	12 000,00 €	29,36789835	77,8929945	A
4	capa	600 €	7	4 200,00 €	4 200,00 €	8,17876442	86,07175892	B
5	óleo	389,50 €	2	779,00 €	2 790,00 €	5,433036366	91,50479529	B
6	rolamento rolos	279 €	10	2 790,00 €	1 290,00 €	2,512049073	94,01684436	B
7	anel bimetálico	75 €	6	450,00 €	894,00 €	1,740908427	95,75775279	B
8	chumaceira	69,96 €	4	279,84 €	779,00 €	1,516966068	97,27471885	C
9	rolamento AF	48,74 €	4	194,96 €	450,00 €	0,876296188	98,15101504	C
10	fusível mecânico	30 €	43	1 290,00 €	420,00 €	0,817876442	98,96889149	C
11	correia	29,80 €	30	894,00 €	279,84 €	0,54493939	99,51383087	C
12	correia dentada	27,35 €	2	54,70 €	194,96 €	0,379650455	99,89348133	C
13	anel bronze	20 €	21	420,00 €	54,70 €	0,10651867	100	C
Total €		33 569,35 €	134		51 352,50 €	100		

ANEXO C – ANÁLISE ABC (CONSUMO)

código	peça	Custo unitário	Consumo anual	Valor do consumo	Consumo decrescente	Valor consumo Acum	% Acumulada	Classificação
3	matriz	4 000 €	18	72 000,00 €	72 000,00 €	72 000,00 €	56,12150805	A
4	capa	600 €	36	21 600,00 €	26 784,00 €	98 784,00 €	76,99870905	A
5	óleo	389,50 €	10	3 895,00 €	21 600,00 €	120 384,00 €	93,83516147	B
6	rolamento rolos	279 €	96	26 784,00 €	3 895,00 €	124 279,00 €	96,87117916	B
7	anel bimetálico	75 €	12	900,00 €	1 192,00 €	125 471,00 €	97,8003019	B
8	chumaceira	69,96 €	3	209,88 €	1 080,00 €	126 551,00 €	98,64212452	C
9	rolamento AF	48,74 €	2	97,48 €	900,00 €	127 451,00 €	99,34364337	C
10	fusível mecânico	30 €	36	1 080,00 €	480,00 €	127 931,00 €	99,71778676	C
11	correia	29,80 €	40	1 192,00 €	209,88 €	128 140,88 €	99,88138096	C
12	correia dentada	27,35 €	2	54,70 €	97,48 €	128 238,36 €	99,95736324	C
13	anel bronze	20 €	24	480,00 €	54,70 €	128 293,06 €	100,00	C
Total €		5 569,35 €	279	128 293,06 €				

ANEXO D – APLICAÇÃO DA REVISÃO CONTÍNUA PARA UM NS=97,5%

código	peça	LT	Q*	SS	σ (mensal)	PE	N (mensal)	N (semanal)	N (anual)	Cp	Ce	Stock atual
1	motor		0,0		1,0		0	0	0	3 750 €	8 €	1
2	veio		0,0		1,0		0	0	0	3 250 €	8 €	1
3	matriz	7 dias	0,5		1,041	2,4	1,5	0,38	18	1 000 €	8 €	3
4	capa	60 dias	2,0		1,291	13,2	3	0,75	36	150 €	8 €	7
5	óleo	3 dias	1,3		0,687	1,0	0,83	0,21	9,96	97,38 €	8 €	2
6	rolamento rolos	30 dias	4,7		1,581	11,1	8	2,00	96	69,75 €	8 €	10
7	anel bimetálico	7 dias	3,2		0,707	1,6	1	0,25	12	18,75 €	8 €	6
8	chumaceira	1 dia	1,7		0,433	0,3	0,25	0,06	3	17,49 €	8 €	4
9	rolamento AF	1 dia	1,5		0,373	0,3	0,15	0,04	1,8	12,19 €	8 €	4
10	fusível mecânico	30 dias	8,8		0,816	6,2	3	0,75	36	7,50 €	8 €	43
11	correia	7 dias	9,3		0,745	1,4	3,33	0,83	39,96	7,45 €	8 €	30
12	correia dentada	2 dias	2,2		0,373	0,4	0,17	0,04	2,04	6,84 €	8 €	2
13	anel bronze	7 dias	8,8		0,816	2,1	2	0,50	24	5 €	8 €	21

ANEXO E – APLICAÇÃO DO MODELO DE REVISÃO PERIÓDICA PARA UM NS=97,5%

Revisão Trimestral (T = 90dias)

código	peça	LT	T	SS	σ (mensal)	M	N (mensal)	N (semanal)	Stock atual
3	matriz	7 dias	90 dias	7,4	1,041	12,2	1,50	0,38	3
4	capa	60 dias	90 dias	11,3	1,291	26,3	3,00	0,75	7
5	óleo	3 dias	90 dias	4,7	0,687	7,3	0,83	0,21	2
6	rolamento rolos	30 dias	90 dias	12,4	1,581	44,4	8,00	2,00	10
10	fusível mecânico	30 dias	90 dias	6,4	0,816	18,4	3,00	0,75	43
11	correia	7 dias	90 dias	5,3	0,745	16,1	3,33	0,83	30
13	anel bronze	7 dias	90 dias	5,8	0,816	12,3	2,00	0,50	21

Revisão Bimensal (T = 60dias)

código	peça	LT	T	SS	σ (mensal)	M	N (mensal)	N (semanal)	Stock atual
3	matriz	7 dias	60 dias	6,1	1,041	9,5	1,50	0,38	3
4	capa	60 dias	60 dias	10,1	1,291	22,1	3,00	0,75	7
5	óleo	3 dias	60 dias	3,9	0,687	5,7	0,83	0,21	2
6	rolamento rolos	30 dias	60 dias	10,7	1,581	34,7	8,00	2,00	10
10	fusível mecânico	30 dias	60 dias	5,5	0,816	14,5	3,00	0,75	43
11	correia	7 dias	60 dias	4,4	0,745	11,9	3,33	0,83	30
13	anel bronze	7 dias	60 dias	4,8	0,816	9,3	2,00	0,50	21

Revisão Mensal (T = 30dias)

código	peça	LT	T	SS	σ (mensal)	M	N (mensal)	N (semanal)	Stock atual
3	matriz	7 dias	30 dias	4,6	1,041	6,4	1,50	0,38	3
4	capa	60 dias	30 dias	8,8	1,291	17,8	3,00	0,75	7
5	óleo	3 dias	30 dias	2,8	0,687	3,8	0,83	0,21	2
6	rolamento rolos	30 dias	30 dias	8,8	1,581	24,8	8,00	2,00	10
10	fusível mecânico	30 dias	30 dias	4,5	0,816	10,5	3,00	0,75	43
11	correia	7 dias	30 dias	3,3	0,745	7,4	3,33	0,83	30
13	anel bronze	7 dias	30 dias	3,6	0,816	6,1	2,00	0,50	21