



**ISEL**

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Área Departamental de Engenharia Mecânica**

# **Desenvolvimento de uma ferramenta para análise da Eficiência Global de um Equipamento numa instalação de fabrico de cerveja**

**LUÍS DANIEL CORREIA MARQUES**  
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia Mecânica

Orientador:

Doutor José Augusto da Silva Sobral

Júri:

Presidente: Doutor João Manuel Ferreira Calado

Vogais:

Doutor José Fernando Gomes Requeijo

Doutor José Augusto da Silva Sobral

**Outubro de 2017**



**ISEL**

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Área Departamental de Engenharia Mecânica**

**Desenvolvimento de uma ferramenta para análise da  
Eficiência Global de um Equipamento numa instalação  
de fabrico de cerveja**

**LUÍS DANIEL CORREIA MARQUES**  
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia Mecânica

Orientador:

Doutor José Augusto da Silva Sobral

Júri:

Presidente: Doutor João Manuel Ferreira Calado

Vogais:

Doutor José Fernando Gomes Requeijo

Doutor José Augusto da Silva Sobral

**Outubro de 2017**

# Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de expressar os meus agradecimentos ao Professor Doutor José Sobral pelo seu interesse, dedicação, críticas e sugestões na orientação deste estudo.

Gostaria também de agradecer à Direção da Sociedade Central de Cervejas, por ter autorizado a realização do estágio curricular na organização.

Deixo também uma palavra de reconhecimento a todos os colaboradores do Departamento de Manutenção e Projeto, e em particular ao Eng<sup>o</sup>. Manuel Gilberto e Eng<sup>o</sup>. Pedro Sousa, pelo acompanhamento dentro da organização, pela disponibilidade e apoio demonstrado ao longo do estágio e da realização deste trabalho.

Agradeço também aos meus colegas estagiários na empresa pois, sem eles esta experiência teria sido completamente diferente, e em particular à colega Beatriz Teixeira por todo o apoio e ajuda na elaboração desta dissertação.

Agradeço ainda à minha família e namorada pois, graças ao seu incentivo e compreensão consegui alcançar todos os objetivos a que me propus.

Por último, quero agradecer a todos os meus amigos e colegas que me apoiaram, não só na elaboração deste projeto mas, ao longo de todo o meu percurso académico.

# Resumo

Num mundo dominado pela competitividade industrial, a qualidade e disponibilidade dos ativos físicos representa um papel preponderante na subsistência das organizações. A implementação da filosofia *Total Productive Maintenance* (TPM) objetiva a diminuição de defeitos e permite que seja alcançada a máxima eficiência através da otimização da disponibilidade, qualidade e desempenho. A Manutenção Produtiva Total é um conceito que apesar de existir há mais de quatro décadas, ainda não se encontra muito aplicado no tecido empresarial português. Todavia, devido à globalização e à implantação de organizações multinacionais no nosso país, onde esta filosofia de trabalho é uma prática comum, fez com que o tema tenha despertado atenção de muitas pequenas e médias empresas. Desta forma, verifica-se um rápido crescimento da sua aplicação em muitas instalações fabris. O cálculo da eficiência dos equipamentos ajuda a identificar as ineficiências e a determinar onde focar as ações de melhoria. Tradicionalmente, o desempenho do equipamento pode ser medido usando várias ferramentas. No entanto, a determinação de um indicador global de desempenho denominado *Overall Equipment Efficiency* (OEE) é um indicador bastante usada para aferir a eficiência de um equipamento na área da Produção, assim como para verificar a eficiência da implementação da filosofia TPM numa organização.

O presente trabalho consiste no desenvolvimento de uma ferramenta automatizada com base no OEE que visa dar uma resposta prática e estruturada para a medição da eficiência dos equipamentos. Esta ferramenta foi aplicada num equipamento crítico específico da Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A. (SCC), cujos objetivos consistiram na investigação e análise do OEE na enchedora da linha de enchimento número um e assim auxiliar na busca da melhor utilização da capacidade produtiva dos seus equipamentos e sua disponibilidade, medição da eficiência através da recolha e análise de dados existentes na organização e na recomendação e respetiva implementação de melhorias específicas para que o OEE atingisse valores da ordem dos 85%, valor esse considerado como de classe mundial. Este caso real é retratado pelo caso de estudo apresentado neste trabalho final de mestrado.

Palavras-chave: TPM, OEE, Eficiência, SCC, Enchedora

# Abstract

In a world dominated by industrial competitiveness, the quality and availability of physical assets plays a major role in the subsistence of organizations. The implementation of the Total Productive Maintenance (TPM), a philosophy focused in reducing defects, allows the achievement of maximum equipment efficiency by optimizing availability, quality and performance. Total Productive Maintenance is a concept that, although it exists for more than four decades, is still not very applied in the Portuguese business fabric. However, due to the globalization and deployment of multinational organizations in our country, where this philosophy of work is a common practice, it has attracted the attention of many small and medium enterprises. In this way, there is a rapid growth of its application in many manufacturing facilities. Calculating the equipment efficiency helps identify inefficiencies and determine where to focus on improvement actions. Traditionally, equipment performance can be measured using various tools. However, the determination of a global performance indicator called Overall Equipment Efficiency (OEE) is a widely used tool for measuring the efficiency of an equipment in the Production area, as well as for verifying the effectiveness of implementing the TPM philosophy in an organization.

The present work consists in the development of an automated tool based on OEE that aims to provide a practical and structured response for the measurement of equipment efficiency. This tool was applied in a specific critical equipment of the Central Sociedade de Cervejas e Bebidas, SA (SCC), whose objectives consisted in the investigation and analysis of the OEE in the filler of the filling line number one and thus help in the search for the best utilization of the productive capacity of the its equipment and its availability, efficiency measurement through the collection and analysis of existing data in the organization and the recommendation and the respective implementation of specific improvements so that the OEE reaches values of the order of 85%, which is considered as world class. This real case is portrayed by the case study presented in this final master's work.

Keywords: TPM, OEE, Efficiency, SCC, Filler

# Índice

Capítulo 1 – Introdução .....	1
1.1 Enquadramento e Objetivos do Trabalho .....	1
1.2 Estrutura do Documento .....	2
Capítulo 2 – Grupo Sociedade Central de Cervejas e Bebidas.....	3
2.1 A Empresa.....	3
2.2 Processo de Fabrico .....	5
2.2.1 Linha de Enchimento .....	7
2.2.1.1 Enchedora .....	9
2.2.1.1.1 Admissão de Garrafas .....	10
2.2.1.1.2 Pré-evacuação da garrafa .....	10
2.2.1.1.3 Lavar a garrafa com CO <sub>2</sub> do canal de gás de retorno.....	11
2.2.1.1.4 Terminar de evacuar a garrafa .....	11
2.2.1.1.5 Semi-tensão prévia com CO <sub>2</sub> do canal de gás de retorno .....	11
2.2.1.1.6 Tensão prévia com CO <sub>2</sub> da caldeira anelar .....	11
2.2.1.1.7 Enchimento lento .....	11
2.2.1.1.8 Enchimento rápido .....	12
2.2.1.1.9 Correção de enchimento rápido .....	12
2.2.1.1.10 Enchimento travado e de correção .....	13
2.2.1.1.11 Amortecer .....	13
2.2.1.1.12 Descarga prévia e amortecimento .....	13
2.2.1.1.13 Descarga residual .....	13
2.3 Plataforma SAP.....	14
Capítulo 3 – Manutenção Produtiva Total.....	15
3.1 Estado da Arte .....	16

3.2	O Porquê de TPM?.....	21
3.3	Filosofia TPM .....	22
3.4	Indicadores do TPM.....	23
3.5	Sete Grandes Perdas do TPM .....	25
3.6	Os Pilares do TPM .....	26
3.6.1	Manutenção Autónoma .....	27
3.6.2	Educação e Treino.....	27
3.6.3	Melhorias Específicas .....	28
3.6.4	Gestão Administrativa .....	29
3.6.5	Manutenção de Qualidade.....	30
3.6.6	Manutenção Planeada .....	30
3.6.7	Segurança, Higiene e Meio Ambiente .....	31
3.6.8	Controlo Inicial .....	31
3.7	Implementação da Filosofia TPM.....	32
3.7.1	Preparação para a introdução .....	33
3.7.2	Início da introdução .....	36
3.7.3	Implementação .....	36
3.7.4	Consolidação.....	39
3.8	Dificuldades na Implementação da Filosofia TPM .....	39
Capítulo 4 – Overall Equipment Efficiency (OEE).....		41
4.1	Enquadramento .....	41
4.2	Estado da Arte.....	42
4.3	TPM e OEE.....	43
4.4	Disponibilidade Operacional ( <i>Availability</i> ) .....	47
4.5	Taxa de Desempenho ( <i>Performance Efficiency</i> ) .....	48
4.6	Taxa de Qualidade ( <i>Quality Rate</i> ) .....	48
4.7	OEE – Alguns cuidados a ter em atenção .....	52

Capítulo 5 – Caso de Estudo .....	53
5.1 Dados Recolhidos .....	53
5.2 Cálculo do OEE .....	57
5.3 Proposta de Melhoria .....	61
Capítulo 6 – Conclusões .....	66
Referências Bibliográficas.....	68

# Índice de Figuras

Figura 1 - Evolução da garrafa Sagres.....	3
Figura 2 - Portfólio SCC.....	5
Figura 3 - Processo de fabricação do Malte e da Cerveja. ....	7
Figura 4 - Equipamentos de maior importância da linha de enchimento. ....	7
Figura 5 - Gráfico V dos buffers da linha de enchimento. ....	8
Figura 6 - Processo de enchimento da enchedora.....	9
Figura 7 - Vista em corte da enchedora e garrafa.....	10
Figura 8 - Gerações de manutenção. ....	19
Figura 9 - Evolução da indústria e sua complexidade. ....	20
Figura 10 - Seis indicadores da filosofia TPM. ....	24
Figura 11 - Resultados de um testemunho real após implementação do TPM. ....	25
Figura 12 - Os oito pilares de sustentação do TPM.....	27
Figura 13 - Ferramenta CAPDo.....	29
Figura 14 - Abordagem Tero tecnológica do pilar do Controlo Inicial.....	32
Figura 15 - Várias fases da implementação da filosofia TPM. ....	33
Figura 16 - Plano Macro da implementação do TPM. ....	35
Figura 17 - Quatro pilares considerados prioritários na melhoria do desempenho do processo produtivo.....	36
Figura 18 - Pilar a focar na 8º Etapa.....	37
Figura 19 - Pilar a dar importância na 9º Etapa.....	38
Figura 20 - Implementação da Gestão Administrativa na 10º Etapa.....	38
Figura 21 - Implementação do pilar Controlo Inicial.....	39
Figura 22 - Diagrama de Causa e Efeito dos fatores que contribuem para o sucesso da Implementação do TPM. ....	40

Figura 23 - Parâmetros a estudar com a ferramenta OEE. ....	44
Figura 24 - Análise de tempos de produção. ....	45
Figura 25 - Perdas e Objetivos para cada parâmetro do OEE. ....	45
Figura 26 - Seis grandes perdas do OEE. ....	50
Figura 27 - Comparação do número de garrafas enchidas nos anos de 2015 e 2016. ....	56
Figura 28 - Comparação entre as Taxas de Produção Real dos anos de 2015 e 2016. ....	56
Figura 29 - Gráfico da evolução do OEE ao longo do ano de 2016. ....	57
Figura 30 - Gráfico da evolução do OEE ao longo do ano de 2015. ....	59
Figura 31 - Comparação de resultados do OEE dos anos de 2015 e 2016. ....	60
Figura 32 - Válvula de enchimento entupida. ....	62
Figura 33 - Antes e depois da colocação do vedante. ....	62
Figura 34 - Impacto das melhorias na Disponibilidade Operacional. ....	63
Figura 35 - Impacto das melhorias no OEE. ....	64

# Índice de Tabelas

Tabela 1 - Os seis indicadores da filosofia TPM.....	23
Tabela 2 - Valores a atingir para as variáveis do OEE.....	49
Tabela 3 - Estratégias de prevenção e eliminação das perdas do OEE. ....	51
Tabela 4 - Tempos retirados da linha 1 no ano de 2016.....	53
Tabela 5 - Valores obtidos do ano de 2016 da Taxa de Produção Real. ....	54
Tabela 6 - Dados referentes à Produção Total e Produtos Rejeitados no ano de 2016. ....	54
Tabela 7 - Valores obtidos do ano de 2015 da Taxa de Produção Real. ....	55
Tabela 8 - Tempos retirados da linha 1 no ano de 2015.....	55
Tabela 9 - Dados referentes à Produção Total e Produtos Rejeitados no ano de 2015. ....	55
Tabela 10 - OEE mensal obtido no ano de 2016. ....	57
Tabela 11 - OEE mensal obtido no ano de 2015. ....	59
Tabela 12 - Impacto das melhorias nos tempos de operação. ....	63
Tabela 13 - Diferença percentual da melhoria de 2% dos tempos de avaria. ....	64
Tabela 14 - Diferença percentual da melhoria de 5% dos tempos de avaria. ....	64
Tabela 15 - Diferença percentual da melhoria de 10% dos tempos de avaria.....	64

# Lista de Siglas

CAPDo – *Check, Analysis, Plan, Do* (Verificar, Analisar, Planear, Fazer)

DO – Disponibilidade Operacional

EBI – *Empty Bottle Inspector* (Inspetor de Vazio da Garrafa)

ERP – *Enterprise Resource Planning* (Planeamento de Recursos Empresariais)

FBI – *Full Bottle Inspector* (Inspetor de Nível da Garrafa)

GFA – Garrafas

HL - Hectolitros

JIPM – *Japan Institute of Plant Maintenance* (Instituto Japonês de Manutenção de Instalações)

JT – Jornada de Trabalho

LPP – *One Point Lesson* (Lição Ponto a Ponto)

OEE – *Overall Equipment Efficiency* (Eficiência Global de um Equipamento)

OLE - *Overall Line Efficiency* (Eficiência Global da Linha)

PB – Produtos Bons

PQCDSM – *Productivity, Quality, Cost, Delivery, Safety and Morale* (Produtividade, Qualidade, Custos, Serviços/Entrega/Pontualidade, Segurança e Moral/Motivação)

PT – Produção Total

RCM – *Reliability Centered Maintenance* (Manutenção Centrada na Fiabilidade)

S&N – Scottish & Newcastle

SAL – Sociedade da Água do Luso

SAP – *Systems Applications and Products in Data Processing* (Aplicação de Sistemas e Produtos no Processamento de Dados)

SCC – Sociedade Central de Cervejas e Bebidas

TD – Taxa de Desempenho

TO – Tempo Efetivo de Operação

TPI – Taxa de Produção Ideal

TPM – *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total)

TPR – Taxa de Produção Real

TQ – Taxa de Qualidade

# Capítulo 1 – Introdução

## 1.1 Enquadramento e Objetivos do Trabalho

No âmbito do Trabalho Final de Mestrado de Engenharia Mecânica ramo da Manutenção e Produção, foi realizado um projeto em contexto empresarial, mais concretamente numa empresa de indústria alimentar – a Sociedade Central de Cervejas e Bebidas.

Enquanto as organizações estão a lutar para sobressair num intenso ambiente competitivo, falhas inesperadas ocorrem em alturas imprevisíveis, levando a paragens de emergência e ao incumprimento do plano de produção (Arslankaya e Atay, 2015). A Gestão da Manutenção representa um papel significativo no alcance do objetivo de melhorar a eficiência global na produção de uma organização, ajudando a manter continuidade e evitando os custosos tempos de indisponibilidade (Abreu *et al.*, 2013). Durante muitos anos, a ausência de um sistema de Gestão de Manutenção causou a deterioração dos equipamentos que constituíam os ativos das organizações, enquanto estas sofriam pela perda de receitas à medida que falhavam atingir as quantidades de produção que pretendiam obter (Correia, 2015).

Cabral (2013) afirma que apenas se pode gerir o que se consegue medir, apesar de existirem diversos indicadores dedicados à performance da produção e dos seus equipamentos, como o *Overall Equipment Efficiency* (OEE), a manutenção tem sido um território inexplorado em termos de medição de desempenho.

Dentro deste cenário, este projeto teve como objetivo principal investigação e análise do OEE na enchedora da linha de enchimento número um da Sociedade Central de Cervejas e Bebidas e assim auxiliar na busca da melhor utilização da capacidade produtiva dos seus equipamentos e sua disponibilidade, medição da eficiência através da recolha e análise de dados existentes na organização e na recomendação e respetiva implementação de melhorias específicas para que o OEE atingisse valores da ordem dos 85%, valor esse considerado como de classe mundial.

## 1.2 Estrutura do Documento

O Capítulo 2 torna-se fundamental na medida em que corresponde ao local onde foi desenvolvida componente prática da tese. É feita uma abordagem à empresa, apresentando dados históricos, processo de fabrico e o modo de funcionamento da linha de enchimento e do equipamento em estudo. O Capítulo 3 retrata a Manutenção Produtiva Total (TPM) que constitui o alicerce desta dissertação. Como tal, é indispensável a abordagem e exploração desta vertente, nomeadamente a vertente histórica e método de aplicação numa empresa. O Capítulo 4 destina-se à análise e compreensão do indicador auxiliar em estudo. É feita uma descrição teórica da ferramenta e posteriormente à sua vertente prática. O Caso de Estudo é descrito no Capítulo 5. Aqui, são descritos os passos realizados para a elaboração da ferramenta e posteriormente a análise de resultados obtidos no estudo do equipamento. O Capítulo 6 retrata as conclusões. Este capítulo corresponde à secção onde se encontram condensados os pontos fulcrais da dissertação assim como perspectivas futuras.

# Capítulo 2 – Grupo Sociedade Central de Cervejas e Bebidas

## 2.1 A Empresa

A Sociedade Central de Cervejas (SCC), mais conhecida por Sagres, foi fundada em 1934 com o objetivo de comercializar as cervejas produzidas pelas antigas cervejeiras Portugália, Estrela, Jansen e Coimbra. No início da década de 40, foi introduzida no mercado, pela primeira vez, a cerveja branca da marca Sagres, numa garrafa de “long neck” e só em 1972 é que é lançada a famosa Mini conforme se demonstra na Figura 1.



Figura 1 - Evolução da garrafa Sagres.

Em 1970 o grupo SCC adquire 52,5% do capital da Sociedade da Água do Luso (SAL) iniciando a comercialização dos seus produtos.

Na década de 90, o capital da empresa é totalmente privatizado, sendo esta a primeira operação de privatização a 100% feita em Portugal. Também nesta altura, a cerveja Sagres completa 50 anos de idade.

Em 2004 a empresa passou a designar-se Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A., nome este que reflete melhor o âmbito da sua atividade, que para além de cerveja, inclui outras bebidas como água e refrigerantes. Também é em 2004 que é inaugurada a Unidade de Cogeração da fábrica de Vialonga, num investimento de cerca de 5 milhões de euros, a

qual constitui um caso ímpar na indústria nacional, colocando a SCC na vanguarda da modernidade industrial (Soc. Central Cervejas, 2017).

A SCC orgulha-se da “portugalidade” das suas marcas Sagres e Luso, da sua história e tradição, da sua qualidade comprovada e reconhecida e da diversidade de portefólio. A ligação ao futebol, como apoio à Seleção Nacional de Futebol desde 1993 e a vários clubes de futebol são também indicadores da importância que as mesmas têm juntos dos parceiros e consumidores.

Em 2007, após ter sido estabelecido um consórcio entre a Carlsberg e a Heineken, teve lugar um processo de oferta de compra do Grupo Scottish & Newcastle. Como resultado das negociações, concretizou-se a aquisição tendo a Heineken assumido, em 29 de Abril de 2008, o controlo da Sociedade Central de Cervejas e Bebidas (SCC), após a conclusão do processo de compra da Scottish & Newcastle (S&N) pelo consórcio. Este desfez-se, após o negócio, mantendo-se a tradicional e saudável concorrência entre ambos os grupos.

Desde Abril de 2008 que o grupo SCC, que inclui também a SAL e a Novadis Unipessoal Lda, é detido a 100% pelo grupo Heineken, tendo duas unidades industriais: em Vialonga, unidade que compreende uma malteria e a cervejeira onde são produzidas as marcas de cerveja Sagres e as suas variantes assim como marcas de sidra como a Strongbow e a Bandida do Pomar, e na Vacariça onde são captadas e engarrafadas as águas minerais da nascente Agua do Luso e Água do Cruzeiro. Em Portugal, a SCC representa também algumas das mais prestigiadas marcas internacionais como Heineken, Desperados, Guinness e Affligem. A Figura 2 representa o portefólio do grupo Sociedade Central de Cervejas.

Em Janeiro de 2010 o Grupo Heineken, do qual a Central de Cervejas e Bebidas faz parte, anunciou a operação de compra do negócio de cervejas da empresa Mexicana FEMSA. O negócio de aquisição da FEMSA pela Heineken, permitiu ao Grupo crescer nos mercados Mexicano e Brasileiro, e reforçar a sua posição nas importações de cerveja no mercado Norte-Americano, nomeadamente nos segmentos hispânicos.

Em Abril de 2010 a HEINEKEN lança o programa de sustentabilidade *Brewing a Better Future*, que reflete uma ambição integrada a longo prazo para que o grupo se torne mais sustentável.



Figura 2 - Portfólio SCC.

Em 2014 o programa passa a designar-se *Brewing a Better World*, uma estratégia alinhada pelo grupo HEINEKEN para criar valor de forma partilhada e sustentada para a Empresa, para a Sociedade e para o Planeta. A SCC como parte alinhada e integrante do grupo tem já delineados, e em curso os seus objetivos: melhorar o impacto ambiental, com a redução do consumo de água, energia, emissões de CO<sub>2</sub> ao longo da cadeia de valor e pela obtenção de matérias-primas provenientes de fontes sustentáveis, e no contexto social, promover o consumo responsável.

A fábrica da Vialonga tem uma área de 330.000 metros quadrados em que apenas 70.000 metros quadrados estão cobertos. A cervejeira tem uma capacidade de 3,2 milhões de hectolitros e a malteria tem uma capacidade de 50.000 toneladas em que por ano, cerca de 44% do malte produzido é utilizado na fábrica e os restantes 56% são exportados (Nigéria, Etiópia, Burundi e Angola).

Existem 8 linhas de enchimento, 6 de garrafas (3 *One Way* e 3 Retornáveis), uma de latas e uma de barris. Cerca de 40% do volume é cheio em garrafas de 20 cl e 25 cl.

Os equipamentos da linha de enchimento da fábrica de Vialonga têm cerca de 20 a 30 anos e existem planos futuros para a renovação dos mesmos.

## 2.2 Processo de Fabrico

Ao contrário das outras cervejeiras em Portugal, a SCC para além do fabrico de cerveja, tem também uma unidade onde se produz malte quer para consumo interno quer para exportação.

A cerveja Sagres é 100% natural e produzida de acordo com a metodologia tradicional a partir de água, malte, cereais não maltados e lúpulo, à qual não é adicionada nenhum tipo de aditivo ou conservante.

O malte, composto por amido, é a matéria-prima principal utilizada no fabrico da cerveja, onde a levedura vai obter os açúcares necessários à fermentação. Na fabricação do malte, ou maltagem, são realizados os passos de molha, germinação e secagem para que o amido fique disponível para as etapas seguintes. O processo é iniciado quando a cevada é sujeita às operações de molha, que tem como objetivo o aumento da humidade do grão de forma a promover as condições necessárias à germinação. Na germinação são produzidas enzimas que disponibilizam o amido. O crescimento das radículas e a ação enzimática são interrompidos na secagem por aquecimento suave, onde a água é removida. O malte torrado passa ainda por uma etapa de torrefação que, para além das variações de tonalidade, também lhe confere um perfil organolético característico (Montanuci *et al.*, 2016).

Obtendo-se as matérias-primas, é necessária a disponibilização do amido em açúcares fermentescíveis, para que a levedura realize a fermentação. Este desdobramento em açúcares mais simples é feito na brassagem que inclui as operações de moagem, empaste, clarificação e fervura, obtendo-se o mosto.

A levedura é então adicionada ao mosto arrefecido onde transforma os açúcares fermentescíveis deste em álcool e gás carbónico, e o mosto dá lugar a cerveja. Segue-se maturação, onde a cerveja é enviada para os tanques de guarda com o propósito de apurar as suas características organoléticas e estabilidade coloidal (Briggs *et al.*, 2004).

Antes de seguir para o enchimento, a cerveja é filtrada onde é conferida a transparência característica e por fim a cerveja filtrada é pasteurizada e segue para o enchimento de garrafas, latas, barris, *beerdrive* ou cisterna. A Figura 3 representa um diagrama com todos os processos de fabricação de cerveja desde a receção de cevada até à distribuição.

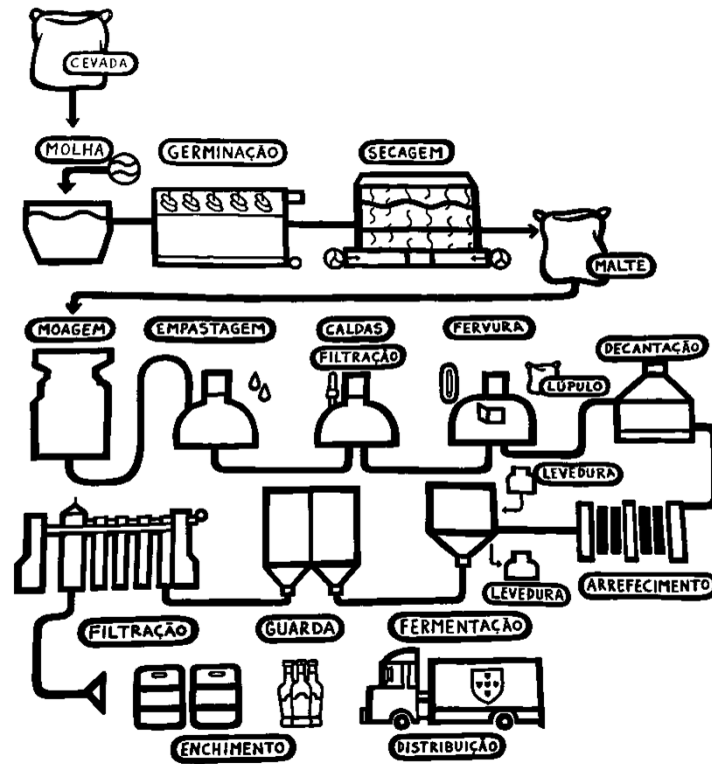


Figura 3 - Processo de fabricação do Malte e da Cerveja.

### 2.2.1 Linha de Enchimento

As etapas finais do processo de fabricação da cerveja são o enchimento e a distribuição. Para que possa ser engarrafada, a cerveja tem que passar pelas linhas de enchimento que são constituídas por vários equipamentos distintos. A Figura 4 representa um diagrama dos equipamentos de maior importância da linha de enchimento que foi alvo do caso de estudo realizado no presente trabalho.

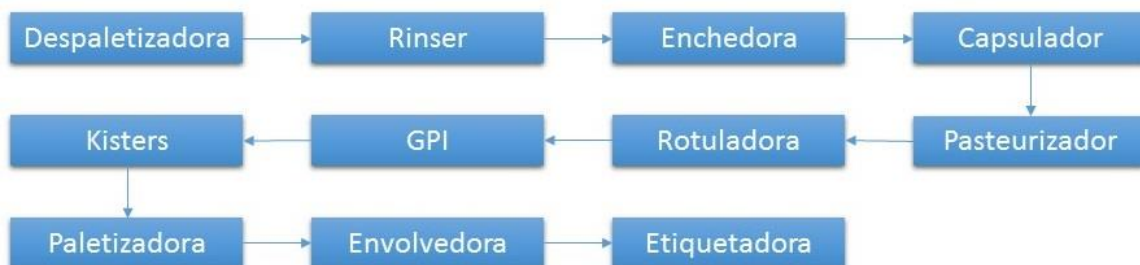


Figura 4 - Equipamentos de maior importância da linha de enchimento.

Tanto as garrafas de tara perdida com as de tara retornável entram na linha de enchimento e começam por ser despaletizadas. Após a saída da despaletizadora, as garrafas passam por

um Inspetor de Vazio (EBI), que faz uma seleção das garrafas, rejeitando aquelas que apresentam defeitos nas mesmas, quer por eventuais quebras, quer defeitos do próprio molde da garrafa. De seguida, as garrafas de tara retornável, têm que ser lavadas e assim que estejam limpas, entram na enchedora a fim de serem cheias com o respetivo produto. As enchedoras enchem por nível e não volumetricamente. Logo após a cerveja ou sidra ser inserida no interior da garrafa esta vai ser capsulada. Após estas serem capsuladas, as garrafas passam por um inspetor de nível, que rejeita as garrafas que não têm o nível correto (quer esteja acima ou abaixo do nível estabelecido). Neste momento, o produto para estar pronto tem que ser pasteurizado, para eliminar todos os micro-organismos que possam existir ou vir a formar-se, prolongando, desta forma, o tempo de prateleira do produto. Após secas, estas garrafas seguem para a rotuladora e posteriormente, de forma a seguir para o mercado, são embaladas em packs ou caixas, organizadas em paletes, envolvidas por um filme elástico, etiquetadas com o número da paleta e do lote e seguem então para o armazém, para posterior comercialização nacional ou internacional.

Caso haja uma avaria que vá impossibilitar o enchimento ou mesmo a paragem da linha, esta tem um sistema inteligente que cria *buffers* entre equipamentos de modo a que estes nunca estejam dependentes entre si e parem de funcionar e a sua eficiência esteja sempre alta. A Figura 5 representa o gráfico deste acontecimento.

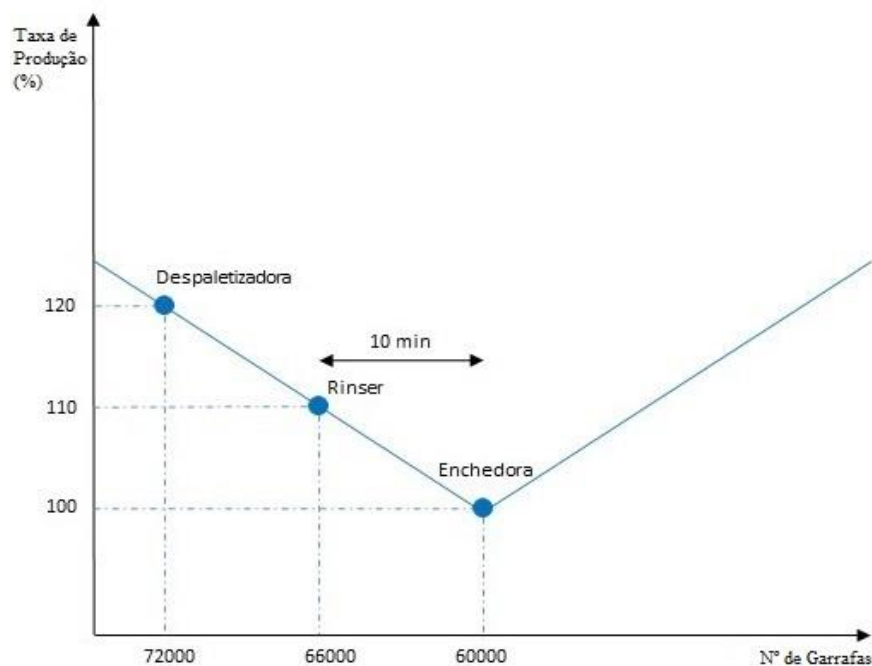


Figura 5 - Gráfico V dos buffers da linha de enchimento.

Assumindo que a enchedora tem uma taxa de produção de 60000 GFA/h (garrafas por hora), para que esta nunca deixe de funcionar (quando a avaria é proveniente de outros equipamentos) os equipamentos anteriores e posteriores irão ter uma taxa de produção superior de modo a que num certo espaço de tempo (*buffer*) se consiga continuar a produzir mesmo tendo um equipamento parado por avaria. No caso da despaletizadora esta apresenta uma taxa de produção de 72000 GFA/h de modo a que se houver uma avaria num equipamento após a enchedora, este tem uma diferença de 6000 GFA/h e pode “alimentar” os equipamentos seguintes mesmo que o equipamento avariado esteja parado. Assim considera-se a enchedora como o “*bottle neck*” em que a taxa de produção se encontra nos 100% e os equipamentos seguintes com taxas de produção superiores.

O foco do presente trabalho centra-se na enchedora por ser considerado um equipamento crítico. De seguida, são apresentados alguns detalhes sobre este equipamento.

### 2.2.1.1 Enchedora

A enchedora é composta por uma sequência de etapas no processo de enchimento que são descritas neste subcapítulo. A Figura 6 representa as várias etapas do processo de enchimento da enchedora.

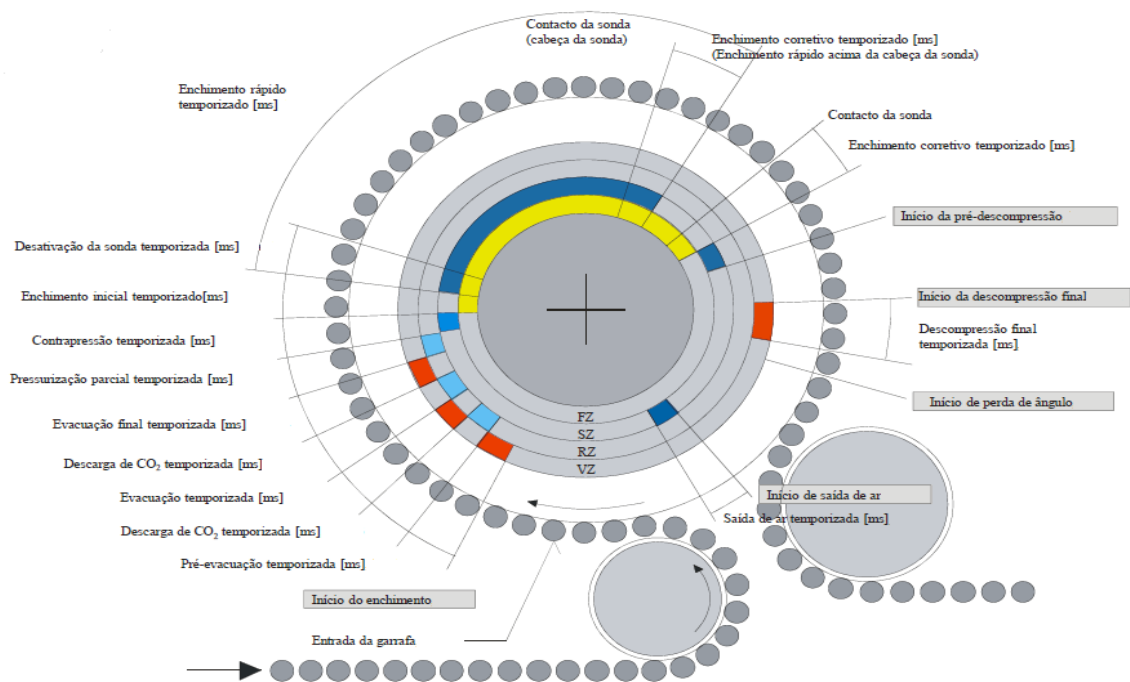


Figura 6 - Processo de enchimento da enchedora. FZ – Cilindro de produto; SZ – Cilindro do gás de pressurização; RZ – Cilindro do gás de retorno; VZ – Cilindro de vácuo.

Na Figura 7 está representado um corte latitudinal da enchedora durante o processo de enchimento de uma garrafa.

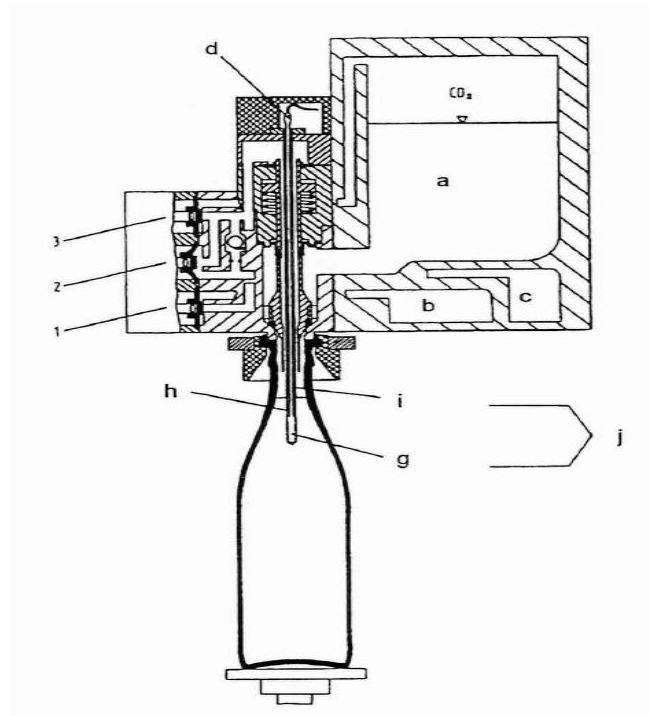


Figura 7 - Vista em corte da enchedora e garrafa. a) Bebida; b) Vácuo; c) Gás de Retorno (CO<sub>2</sub>); d) Pólo elétrico (cabo para a eletrónica); e) Pólo elétrico (película de líquido tem ligação com o pólo da massa); f) Comutação de enchimento rápido para lento pelo ponto de contacto na ponta da sonda; g) Pólo elétrico (ponta da sonda); h) Isolamento.

#### 2.2.1.1.1 Admissão de Garrafas

Enquanto a garrafa é aceite da estrela de admissão para o dispositivo de enchimento, a tulipa de centragem rebaixa na garrafa e centra a mesma. Após a garrafa ser aceite no dispositivo de enchimento, é levantada pelo cilindro elevador e comprimida contra o elemento de enchimento. A borracha de pressão na tulipa de centragem veda a garrafa hermeticamente aos gases em relação à atmosfera. A abertura e fecho seguintes do cilindro de comando de gás e do assento do líquido são feitos por sistemas electropneumáticos.

#### 2.2.1.1.2 Pré-evacuação da garrafa

Após comprimida, a garrafa é pré-evacuada. O cilindro pneumático (Figura 7, 1) abre uma via de gás do canal de vácuo no gargalo da garrafa. No interior da garrafa é criado vácuo.

#### 2.2.1.1.3 Lavar a garrafa com CO<sub>2</sub> do canal de gás de retorno

Após decurso do tempo de evacuação livremente escolhido através do programa, o cilindro (1) fecha a ligação para o canal de vácuo. Simultaneamente, o cilindro (2) abre uma via de gás do canal de gás de retorno para o tubo de gás de retorno. Através de um dado tempo, é soprado CO<sub>2</sub> para dentro da garrafa. Aumentando o tempo de lavagem, é possível aumentar aleatoriamente a quantidade de gás de lavagem.

#### 2.2.1.1.4 Terminar de evacuar a garrafa

O cilindro (2) torna a fechar agora a ligação para o canal de gás de retorno. Imediatamente a seguir, o cilindro (1) volta a libertar a ligação para o canal de vácuo. Segue-se a evacuação da garrafa pelo tubo de gás.

#### 2.2.1.1.5 Semi-tensão prévia com CO<sub>2</sub> do canal de gás de retorno

O cilindro (1) volta a fechar a ligação para o canal de vácuo. Simultaneamente, o cilindro (2) liberta uma via do canal de gás de retorno para a garrafa. Na garrafa, aparece agora a sobrepressão regulada no canal de gás de retorno.

#### 2.2.1.1.6 Tensão prévia com CO<sub>2</sub> da caldeira anelar

De forma temporizada, o cilindro (2) fecha a via de gás para o canal de gás de retorno. Simultaneamente, o cilindro (3) liberta uma via de gás do compartimento de gás do reservatório anelar semicheio para o tubo de gás de retorno. Liga-se então uma tensão prévia da garrafa para a pressão regulada no compartimento de gás da caldeira (pressão de enchimento).

#### 2.2.1.1.7 Enchimento lento

Existem certos produtos que não podem ser enchidos a uma velocidade e pressão elevadas (produtos de enchimentos sensíveis) então, são utilizados os procedimentos descritos em baixo.

No final da fase de tensão prévia, o cilindro (3) bloqueia a ligação entre a garrafa e a caldeira. Imediatamente a seguir, o assento do líquido abre-se por sistemas electropneumáticos. O produto de enchimento começa a entrar na garrafa pela parede, como uma película. Devido à diferença de pressão existente entre a garrafa e o canal de gás de retorno, o assento esférico mantém-se aberto. O difusor permite um estrangulamento da corrente de gás, comprimido da garrafa pelo tubo de gás de retorno, e, assim, uma velocidade de enchimento cuidadosa e lenta. A velocidade de enchimento efetivamente atingida resulta da secção do difusor de gás de retorno e da quebra de pressão entre o interior da garrafa (pressão de enchimento) e o canal de gás de retorno. Ambos os parâmetros podem ser assentes ou regulados de forma variável, conforme a sensibilidade da bebida a encher. Para a fase de enchimento, é determinado um espaço de tempo pelo programa. Normalmente, limita-se a aproximadamente 100 ms.

#### 2.2.1.1.8 Enchimento rápido

Por forma a atingir uma potência elevada da válvula, enche-se agora com maior velocidade de admissão. Para tal, o cilindro pneumático (3) abre uma via de gás não estrangulada do tubo de gás de retorno para o compartimento de gás da caldeira anelar. A ligação estrangulada no canal de gás de retorno mantém-se. A velocidade de enchimento atingida na fase de enchimento rápido é determinada essencialmente pela altura estática de nível na caldeira anelar. Pela regulação de nível, os requisitos das respetivas bebidas ou das formas das garrafas a encher podem ser regulados. Ou a fase de enchimento rápido termina com o primeiro contacto entre o produto de enchimento e a sonda ou o tempo de enchimento rápido expira.

#### 2.2.1.1.9 Correção de enchimento rápido

Após decorrer a fase de enchimento rápido, existe a possibilidade de introduzir um período de correção. Através de uma função temporal variável e pré-enclhidas pelo programa entre a ponta de contacto da sonda e o fecho do cilindro (3), é possível uma extensão da fase de enchimento rápido. O tempo de correção do enchimento rápido deverá ser mantido tão reduzido quanto possível.

#### 2.2.1.1.10 Enchimento travado e de correção

Para finalização do enchimento rápido, o cilindro (3) interrompe a corrente de gás na caldeira anelar. A velocidade de enchimento volta aí a reduzir para os valores da fase de enchimento. No gargalo da garrafa estreitado, o nível de produto de enchimento sobe lentamente. O nível do produto de enchimento, com granulação regular e sem bolhas, alcança o 2º ponto de comando da sonda de altura de enchimento disposta por nível de altura de enchimento. Depois deste sinal, o assento do líquido do comando do processo é fechado por sistema electropneumático. Através de um período de tempo variável e pré escolhido pelo programa entre o contacto da sonda e o fecho do assento do líquido, é possível uma correção conjunta das alturas de enchimento em todos os elementos de enchimento, na zona de aproximadamente 30 mm, mesmo durante a operação de enchimento em decurso.

#### 2.2.1.1.11 Amortecer

Entre o final do enchimento de correção e início da descarga prévia, pode regular-se um tempo de amortecimento no ecrã.

#### 2.2.1.1.12 Descarga prévia e amortecimento

Após fechar o assento do líquido e cancelar o enchimento, o cilindro (2) abre e cria uma compensação de pressão entre o gargalo da garrafa e o canal de gás de retorno. Neste nível de pressão, aproximado da pressão de saturação, dá-se uma fase de amortecimento em que as bolhas de gás ainda existentes na bebida podem subir à superfície. A sobrepressão constante transmitida do canal de gás de retorno para a garrafa evita, nesta fase de descarga prévia, uma formação apreciável de espuma no gargalo da garrafa.

#### 2.2.1.1.13 Descarga residual

Antes da introdução da descarga residual, o cilindro (2) bloqueia a ligação para o canal de gás de retorno. Imediatamente a seguir, o cilindro (1) abre, por um breve momento, a ligação não estrangulada do gargalo da garrafa para o canal de vácuo. Através do programa pode

medir-se o tempo de abertura do cilindro para que, imediatamente antes de retirar a garrafa, domine no interior da garrafa apenas uma sobrepressão insignificante.

## 2.3 Plataforma SAP

SAP (*Systems Applications and Products in Data Processing*) é uma empresa multinacional alemã conhecida por fazer *software* de planeamento de recursos empresariais (ERP). O *software* ERP permite que as organizações planeiem as operações comerciais e geralmente referem-se a um conjunto de aplicações modulares que recolhem e integram dados de diferentes aspetos da empresa. Este sistema também facilita a utilização efetiva de recursos, sejam máquinas, capacidades de produção, mão-de-obra ou outros ativos de uma empresa (*Software de gestão - software empresarial - SAP, 2017*). A recolha dos dados necessários para realizar o estudo do presente trabalho foi feita através deste software que guarda toda a informação processual e de manutenção (entre outros).

# Capítulo 3 – Manutenção Produtiva

## Total

O *Total Productive Maintenance* (TPM) é um conceito de manutenção proveniente dos Estados Unidos da América e introduzido no Japão, na década de 70, e desenvolvido pelo Instituto Japonês de Manutenção de Instalações (JIPM – *Japan Institute of Plant Maintenance*).

A sigla TPM pode ser traduzida para português, como “Manutenção Produtiva Total” e apresenta uma filosofia que tem como pontos-chave a motivação e a formação do pessoal. Foi aplicada pela primeira vez, na empresa Nippondenso, do grupo Toyota, sob orientação de Seiichi Nakajima, um técnico do JIPM. Posteriormente, foi o responsável pela implementação do TPM em centenas de outras fábricas Japonesas sendo por isso, considerado o pai do TPM.

TPM é uma filosofia ou forma de pensar a manutenção que traduz um novo conceito como manter uma instalação ou um equipamento. De uma forma mais completa, o TPM é um método de gestão que identifica e elimina as perdas existentes nos processos produtivos, maximiza a utilização do ativo industrial e garante a geração de produtos de alta qualidade a custos competitivos. Desenvolve conhecimentos capazes de reeducar as pessoas para ações de prevenção e de melhoria contínua, garantindo o aumento da fiabilidade dos equipamentos e da capacidade dos processos, sem investimentos adicionais (Sobral, 2015).

O JIPM define TPM do seguinte modo: “*system of maintenance covering the entire life of the equipment in every division including planning, manufacturing, and maintenance*”.

Por outras palavras pode-se afirmar que é uma ferramenta que tem por base a definição de uma estratégia de gestão de equipamento, que permite alcançar a máxima eficiência e disponibilidade do mesmo ao longo de toda a sua vida útil, que envolve os seguintes sectores fundamentais da empresa (Jeon *et al.*, 2011):

- Operação;
- Manutenção;
- Suporte Técnico;
- Gestão.

Para o JIPM, detentor da patente do TPM, conforme referem Willmott e McCarthy (2001), o TPM é caracterizado pelos seguintes princípios:

- Criar uma cultura na organização que persiga constantemente a maximização da eficiência do equipamento (OEE – *Overall Equipment Efficiency*);
- Construir um sistema que previna qualquer tipo de perda, criando assim uma meta de ações preventivas e preditivas, para atingir o “zero-acidente, zero defeito e zero-falha”, em todo o ciclo de vida de um equipamento;
- Envolver todos os departamentos – manutenção, produção, desenvolvimento, marketing e administração, etc. – na implementação do TPM;
- Envolver todos os trabalhadores, desde a gestão de topo até ao *job floor*;
- Atingir zero perdas e zero defeitos com atividades autónomas e voluntárias de pequenos grupos através da gestão da motivação.

### 3.1 Estado da Arte

Para Suzuki (1994), a designação TPM deve-se ao envolvimento de toda a organização, para além dos departamentos diretamente ligados aos equipamentos e à produção, na busca da eficiência. As sinergias desta interação resultam numa manutenção dos equipamentos que otimiza a sua eficiência, eliminando as avarias e promovendo a manutenção diária por parte do operador, explorando o facto de que quem trabalha com a máquina é quem melhor a conhece, criando nele um sentimento de posse sobre a mesma.

Esse esforço constante pela melhoria leva a uma permanente autoavaliação dos envolvidos na filosofia TPM, nomeadamente dos seus comportamentos e condutas, gerando uma mudança cultural na empresa.

Muitos “praticantes” do TPM preferem chamá-lo *Total Productive Manufacturing* para destacar a necessidade de uma parceria igualitária entre a produção e a manutenção (Willmott e McCarthy, 2001).

Para Cabrita (2003), os Estados Unidos da América continuaram a exercer um papel importante, no desenvolvimento destes conceitos, sendo estes os pioneiros no desenvolvimento da Manutenção Preventiva, que mais tarde evoluiu para a Manutenção do Sistema de Produção, incorporando esta a Manutenção Preventiva. Segundo o mesmo, o Japão através do JIPM assimilou todos estes conceitos, acrescentando a estes o conceito de “manutenção com a participação de todos”, sendo mais tarde designado por *Total Productive Maintenance* - TPM ou Manutenção Produtiva Total.

Ahuja e Khamba (2008) afirmam que, TPM é uma filosofia japonesa única, e tem sido desenvolvida sobre o conceito e metodologias da Manutenção Produtiva. Desta forma, o mesmo sustenta que, o TPM é uma abordagem inovadora à manutenção, que otimiza a utilização dos equipamentos, elimina avarias, paragens e promove a manutenção autónoma pelos operadores em catividades do dia-a-dia, envolvendo a participação de todos.

TPM não é um programa de gestão de manutenção. A maioria das atividades associadas à abordagem de gestão japonesa são direcionadas à função de produção, assumindo que a manutenção fornece as tarefas básicas e necessárias para manter os ativos críticos. Todos os benefícios quantificáveis do TPM são expressos em termos de capacidade, qualidade do produto e custo total de produção (Fei *et al.*, 2008).

Os benefícios do TPM criaram uma estratégia abrangente e representa uma poderosa ferramenta de gestão para reduzir os custos do ciclo de vida dos equipamentos. O TPM pode constituir-se na maior fonte de rentabilidade e de boa gestão das organizações através da efetiva utilização dos equipamentos, máquinas e serviços de apoio. Este método (TPM) foi introduzido em indústrias de processos contínuos, refinarias, farmacêutica, alimentar, papel, cimenteira, entre outras (Carrijo e Lima, 2008).

Segundo Ahmed *et al.* (2010), os três objetivos principais do TPM são: zero defeitos, zero paragens, zero acidentes.

Estas metas podem ser alcançadas através da implementação de atividades planeadas, de forma a aumentar a eficiência dos equipamentos, criação de um programa de manutenção autónoma, estabelecimento de um sistema de manutenção planeada, treino e organização de formação aos operadores (Ahmed *et al.*, 2010).

Segundo Sharma *et al.* (2012), após a adoção do modelo produtivo americano, por parte dos japoneses, foi criado o JIPM, sendo este constituído por um grupo de desenvolvimento formado por 20 empresas japonesas com o objetivo de estudar e desenvolver estes modelos.

Em 1961 usando como premissa a melhoria do desempenho industrial, o conceito de manutenção produtiva envolvendo a participação de todos é aplicado na empresa Nippondeso, sendo este conceito posteriormente expandido para empresas como a Toyota, Mazda, Nissan, entre outras (Sharma *et al.*, 2012).

O TPM é um método de gestão que identifica e elimina as perdas existentes nos processos produtivos, maximiza a utilização do ativo industrial e garante a geração de produtos sem defeito a custos competitivos. Desenvolve também conhecimentos capazes de reeducar as pessoas para as ações de prevenção e de melhoria contínua, garantindo o aumento da fiabilidade dos equipamentos e da capacidade dos processos, sem investimentos adicionais (Sobral, 2015).

Para o TPM assegurar a sua função, necessita de lidar com diversas forças e requisitos dentro e fora dos limites da organização onde se insere. Esta interação atribui um carácter de complexidade às tarefas de manutenção, tratando-se de tarefas que conjugam elementos de gestão, tecnologia, operações e suporte logístico (Pintelon, 2008).

Embora seja um conceito antigo, a Manutenção apenas sofreu desenvolvimentos significativos na segunda metade do século XX. Quintas divide esta evolução em três fases distintas, a que apelida de gerações, como representado na Figura 8 (Quintas, 1998).

Cada geração está associada a uma atuação principal, fruto do desenvolvimento tecnológico e conceptual da altura:

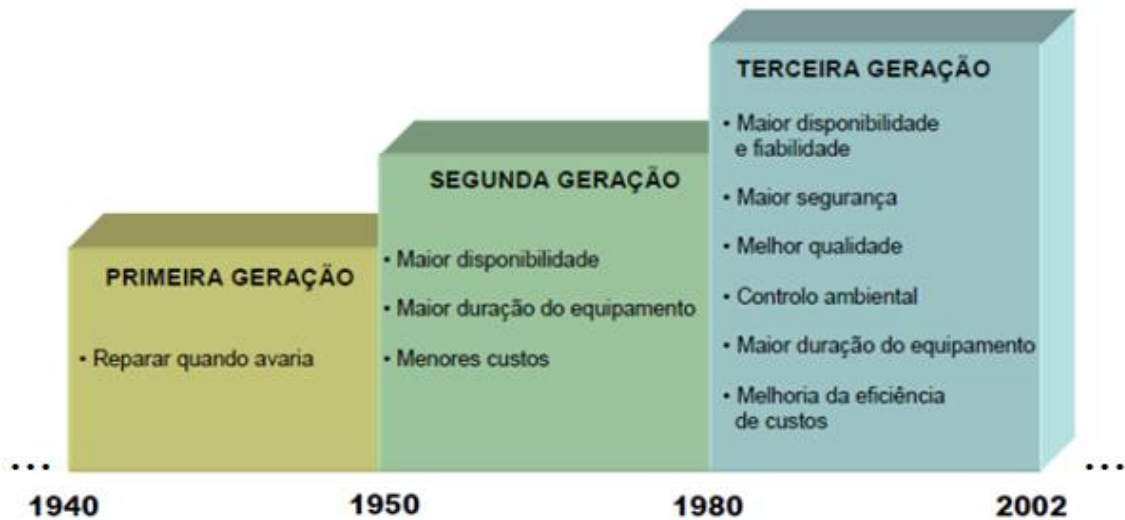


Figura 8 - Gerações de manutenção (Quintas, 1998).

- Primeira Geração – Reparar a avaria – Nesta primeira geração, a preocupação dominante era recuperar o investimento realizado nos equipamentos através da restauração da sua operacionalidade. O principal interveniente nesta etapa era o Operado.
- Segunda Geração – Evitar a avaria - O grande esforço de produção associado à 2ª Guerra Mundial e à recuperação económica do pós-guerra, impuseram às linhas de produção, ritmos de trabalho incompatíveis com as paragens de reparação de avarias (Pereira e Neves, 2011). Surgiu então necessidade de organizar a manutenção de forma a intervencionar nos equipamentos durante as paragens de produção e com o objetivo de reduzir as paragens por avaria, aumentando a disponibilidade. Foi então que surgiu o conceito de Manutenção Planeada, como ainda hoje se aplica. O principal interveniente nesta etapa passou a ser o técnico de manutenção.
- Terceira geração – Prever a avaria – O enorme salto tecnológico verificado desde 1960, traduzido na generalização do uso do computador, no domínio acrescido dos processos de fabrico e no melhor conhecimento dos materiais, permitiu o aparecimento de novas formas de manutenção. Nestes novos métodos, embora ainda se procure evitar a avaria, procura-se atuar apenas quando a avaria está eminente, recorrendo a sistemas e aparelhos de diagnóstico das condições dos equipamentos e dos seus componentes. Esta metodologia, agora conhecida como manutenção preditiva, visa não só o aumento da disponibilidade como a redução dos custos

através da maximização da vida útil de cada componente do equipamento. O principal interveniente desta etapa tornou-se o engenheiro de manutenção.

No início do século XXI, com o desenvolvimento da internet, sensores cada vez mais pequenos e potentes, com preços cada vez mais acessíveis, *software* e *hardware* cada vez mais sofisticado, a capacidade das máquinas aprenderem e colaborarem criando gigantescas redes, iniciou-se uma transformação na indústria, cujo impacto na competitividade, na sociedade e na economia será de tal forma que irá transformar o mundo tal como o conhecemos. Esta transformação foi apelidada pelos professores Erik Brynjolfsson e Andrew McAfee do instituto de tecnologia de Massachusetts como segunda idade da máquina e em 2011 na feira Industrial de Hannover, na Alemanha, falava-se em indústria 4.0 (Schwab, 2016). A Figura 9 representa as revoluções industriais e a sua complexidade até aos dias de hoje.

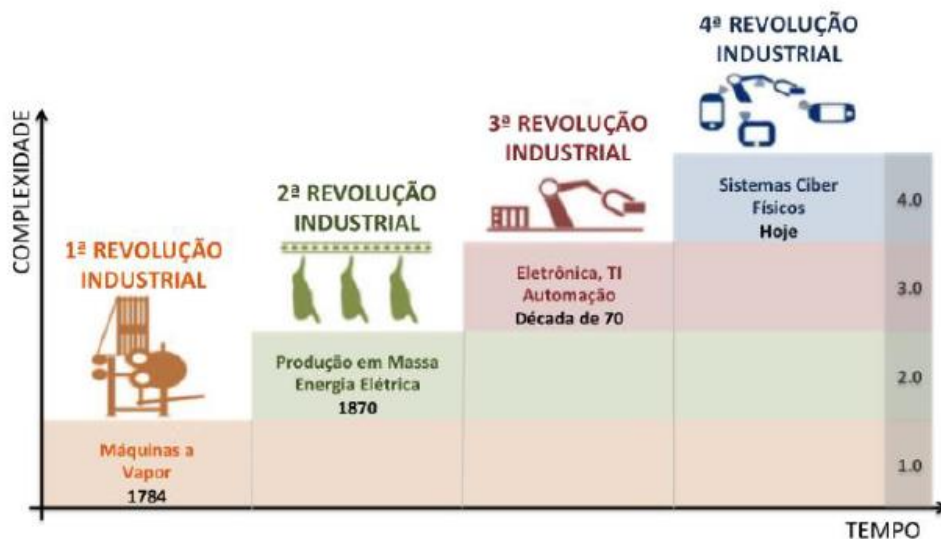


Figura 9 - Evolução da indústria e sua complexidade (Menezes, 2015).

O termo “Indústria 4.0”; “*smart factory*”; “*intelligent factory*”; “*factory of the future*” são termos que descrevem uma visão do que será uma fábrica no futuro (MacKenzie, 2015). Nesta visão as fábricas serão muito mais inteligentes, flexíveis, dinâmicas e ágeis. Outra definição para “*Smart factory*” é uma fábrica que faz produtos inteligentes, em equipamentos inteligentes, em cadeias de abastecimento inteligentes.

O impacto da Indústria 4.0 vai para além da simples digitalização, passando por uma forma muito mais complexa de inovação baseada na combinação de múltiplas tecnologias, que

forçará as empresas a repensar a forma como gerem os seus negócios e processos, como se posicionam na cadeia de valor, com pensam no desenvolvimento de novos produtos e os introduzem no mercado, ajustando as ações de marketing e de distribuição.

## 3.2 O Porquê de TPM?

As razões da escolha da metodologia do TPM podem ser encontradas através de uma análise simples a cada uma das palavras que compõe a sigla. Assim sendo:

### ***Total:***

- Todos os colaboradores estão envolvidos;
- O objetivo é eliminar todos os acidentes, defeitos e falhas.

### ***Productive:***

- As ações são realizadas enquanto a produção continua;
- Os problemas para a produção são minimizados.

### ***Maintenance:***

- Manter em boa condição;
- Reparar, limpar e lubrificar.

Conclui-se assim que o objetivo é de uma forma geral, eliminação de falhas, defeitos e desperdícios, envolvendo todos os níveis da estrutura, com vista à maximização da eficiência global dos equipamentos, aumento da produção e simultaneamente, o incremento da moral e satisfação dos colaboradores. Todos estes aspetos tornam o TPM uma função vital para o negócio de uma empresa. De acordo com Nakajima (1998) são necessários cerca de cinco anos para se sentir os benefícios da filosofia TPM, sendo que, para funcionar sem problemas, as seguintes etapas têm que ser cumpridas:

- Preparação - inclui o apoio da gestão de topo, estabelecimento de políticas chaves e definição de objetivos a atingir;
- Execução - inclui o desenvolvimento de um programa autónomo de manutenção e a realização de formação para os funcionários;

- Estabilização - aperfeiçoa as atividades implementadas e monitoriza os resultados de modo a melhorá-los.

### 3.3 Filosofia TPM

Esta filosofia apoia-se nos seguintes princípios (Sobral, 2015):

- Aumentar a eficiência global dos equipamentos;
- Melhorar o sistema de manutenção planeada existente;
- O operador é o melhor monitor da condição do equipamento;
- Providenciar formação para melhorar os níveis ou competências na área da produção e na área da manutenção;
- Envolver todos e utilizar o trabalho em equipa.

Com estes princípios, os tempos de paragem para a manutenção são planeados, fazendo parte da rotina e, em alguns casos, são assumidos como uma parte integral do processo produtivo. Desta forma pretende-se transformar ou reduzir a manutenção de urgência ou a manutenção não planeada ao mínimo possível.

Ao aplicar a filosofia TPM, evitam-se gastos desnecessários normais num ambiente constante de mudança económica, conseguem-se produzir bens sem que a qualidade dos mesmos seja afetada, reduzem-se custos, produz-se uma maior quantidade em menos tempo e garante-se que os produtos entregues aos clientes não contêm defeitos.

Os principais motivos para a aplicação desta filosofia retratam-se na adoção de uma abordagem de ciclo de vida na melhoria do desempenho global dos equipamentos de produção. A melhoria da produtividade é alcançada através de colaboradores altamente motivados, resultado do alargamento das suas responsabilidades e a utilização de pequenos grupos de trabalho em atividades como a identificação das causas das avarias ou na análise de potenciais modificações na instalação ou equipamentos.

A aplicação do TPM também traz certos benefícios indiretos como (Venkatesh, 2007):

- Aumento do nível de confiança entre os colaboradores;

- Melhoria do espaço envolvente: locais de trabalho limpos, arrumados e atrativos;
- Mudança favorável na atitude dos operadores;
- Alcance de objetivos através do trabalho em equipa;
- Expansão horizontal de um novo conceito em todas as áreas da organização;
- Partilha de conhecimento e experiência;
- Desenvolvimento do sentimento de posse relativamente aos equipamentos por parte dos trabalhadores.

### 3.4 Indicadores do TPM

A vasta literatura documenta consideráveis melhorias operacionais em resultado de uma implementação bem-sucedida da filosofia TPM. Os benefícios são referidos em seis dimensões como descritos na Tabela 1, utilizando a sigla PQCDMS (Sobral, 2015):

- Produtividade;
- Qualidade;
- Custos;
- Serviços/Entrega/Pontualidade;
- Segurança;
- Moral/Motivação.

*Tabela 1 - Os seis indicadores da filosofia TPM (Sobral, 2015).*

Indicadores	Meios	Resultados
Produtividade	Valor acrescido, aumento da produtividade, eficiência das atividades	Aumento da produtividade e eficiência global e redução do número de avarias
Qualidade	Dos próprios equipamentos, das atividades executadas, excelência da tecnologia disponível e dos produtos comercializados ou serviços prestados	Redução das taxas de defeito os processos, das reclamações e devoluções

Custos	Da infraestrutura, dos projetos, da concorrência, dos bens adquiridos, etc.	Redução do custo de produção
Serviços	Tempo de entrega	Redução do stock de produtos e trabalhos em curso
Segurança	Das pessoas, do meio ambiente e das instalações (património)	Zero acidentes, zero incidentes de produção
Moral/Motivação	Capacidade técnica da formação de trabalho e reconhecimento pelo esforço e competência	Sugestões de melhorias

Deve haver um equilíbrio entre estas seis dimensões. De nada adianta ter a melhor produção se os custos forem maiores que os da concorrência. Também de nada adianta ter os menores custos e melhor qualidade se não se conseguir atender as necessidades de prazo de entrega aos clientes. Além de medirem o resultado final, estes indicadores servem para avaliar o desempenho de todas as etapas da cadeia produtiva. Na Figura 10 estão representados os objetivos por indicador da filosofia TPM.

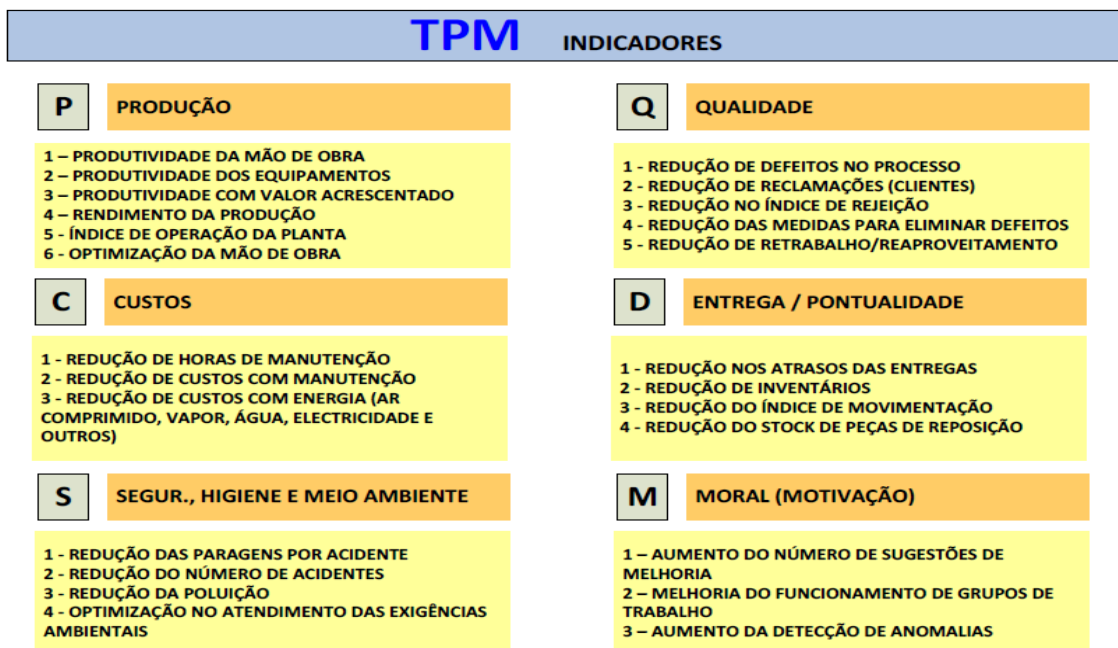


Figura 10 - Seis indicadores da filosofia TPM (Sobral, 2015).

A Figura 11 ilustra alguns resultados obtidos de um testemunho real de uma organização, ao fim de dois anos, após implementação da filosofia TPM (Sobral, 2015):



Figura 11 - Resultados de um testemunho real após implementação do TPM (Sobral, 2015).

## 3.5 Sete Grandes Perdas do TPM

Certos autores consideram sete grandes perdas que o TPM pretende eliminar (Sobral, 2015):

### 1. Perdas por avaria/falha

É um dos fatores que mais prejudica a eficiência dos equipamentos. Pode ser medida através da fiabilidade dos bens.

### 2. Perdas por mudança de produto e afinações

Perdas por paragem devido à necessidade de mudança de produto. Normalmente é preciso proceder-se a afinações do equipamento para o novo produto.

### 3. Perdas devido a ferramenta ou molde

Perdas resultantes do desgaste das ferramentas ou moldes usados no processo produtivo.

#### **4. Perdas por pequenas paragens**

As pequenas paragens resultam de problemas momentâneos, onde o equipamento para ou opera em vazio (ex. encravamento de uma peça). O equipamento volta a funcionar normalmente assim que o problema é solucionado.

#### **5. Perdas por quebra de velocidade**

Resulta da diminuição da velocidade de processamento relativamente à velocidade nominal. O tempo de ciclo irá aumentar, refletindo-se por menor produção por unidade de tempo.

#### **6. Perdas por produto defeituoso**

Perdas originadas pela deteção de parâmetros fora das especificações de qualidade. Pode ser consequência de uma má afinação do equipamento ou desregulação de um processo.

#### **7. Perdas por arranque dos equipamentos**

Muitos equipamentos carecem de um período de arranque até à estabilização do processo, perdendo-se também em alguns casos uma parte da produção.

Analisando estas perdas, o TPM estabelece objetivos a serem cumpridos, eliminando assim, estes prejuízos. Começa-se então a fazer uma mudança cultural de forma efetiva em que é necessário que todos os setores produtivos da empresa integrem nos grandes pilares da filosofia TPM. O objetivo é otimizar a utilização dos ativos da organização. Os resultados devem ser medidos através dos indicadores PQCDMS.

### **3.6 Os Pilares do TPM**

O desenvolvimento da filosofia TPM é suportado por atividades que podem ser representadas por 8 pilares de sustentação como se demonstra na Figura 12. Cada pilar encontra-se inserido num sistema de gestão integrado (Ahuja e Khamba, 2008).

Nos próximos subcapítulos segue-se uma explicação de cada um dos oito pilares de sustentação do TPM.

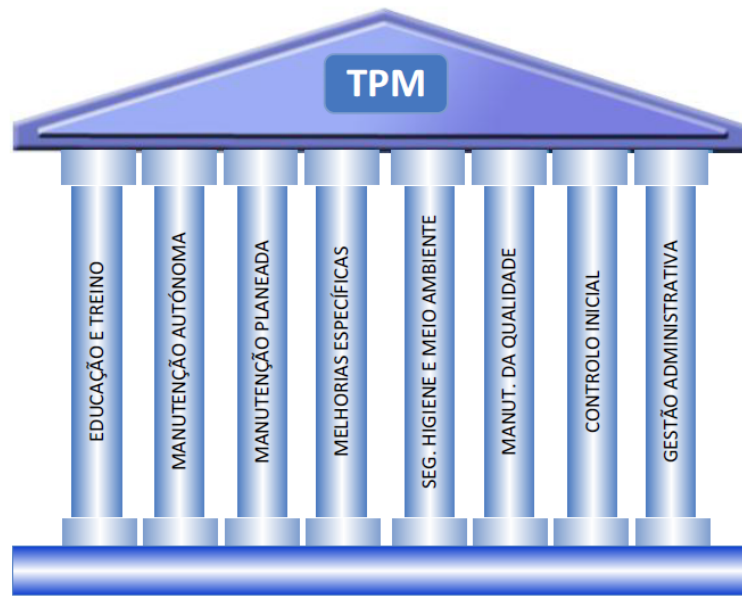


Figura 12 - Os oito pilares de sustentação do TPM (Sobral, 2015).

### 3.6.1 Manutenção Autónoma

Estruturação da manutenção autónoma a realizar pelo operador. Organização dos colaboradores em pequenos grupos (grupos autónomos) que têm com objetivo cuidar dos seus equipamentos, identificar perdas e implementar melhorias. Os operadores aprendem a realizar atividades de limpeza, inspeção e lubrificação aos seus equipamentos. Com estas ações as paragens ligadas à falta de limpeza ou lubrificação são eliminadas. Durante as ações de inspeção os operadores identificam os problemas dos seus equipamentos, começando os diagnósticos por ser em grande parte baseado nos sentidos e posteriormente evoluindo para uma inspeção baseada em conhecimento, adquirido em programas de formação e treino. Com o tempo, os operadores também começam a ficar capacitados para realizar pequenas reparações. O grupo identifica quais são as maiores perdas do equipamento e propõe melhorias no sentido de as reduzir ou mesmo as eliminar (Sobral, 2015).

### 3.6.2 Educação e Treino

Nenhum dos pilares é bem-sucedido se as pessoas (colaboradores) não estiverem em constante aprendizagem. O objetivo deste pilar é aprimorar a habilidade de todos os colaboradores que contribuem para a melhoria do desempenho da organização. Como

ferramentas é normal utilizar-se a técnica LPP (Lição Ponto a Ponto) e a Matriz de Habilidades.

O LPP consiste em um funcionário replicar o conhecimento que possui sobre um ponto específico a outro colega no próprio local de trabalho, de uma forma clara, rápida e o mais prática possível. O objetivo desta ferramenta não é treinar o funcionário que nada sabe, mas compartilhar pequenos e importantes conhecimentos sobre a regulação do equipamento ou desenvolvimento de um processo.

A Matriz de Habilidades consiste em efetuar o cruzamento das habilidades necessárias para realizar uma tarefa com as habilidades que o funcionário possui. Podem ser especificadas cinco fases no desenvolvimento das habilidades: Nível 0 – Não sabe executar uma atividade/Falta de conhecimento; Nível 1 – Conhece a teoria/Falta de treino; Nível 2 – Conseguir até certo ponto/Falta de treino; Nível 3 – Conseguir com segurança e é capaz de atuar fora das condições padrão/Aprendeu fazendo; Nível 4 – Conseguir ensinar os outros/Domínio perfeito.

Comparando os dados identificam-se as necessidades de treino e formação de cada funcionário e se há alguma pessoa dentro da equipa que pode dar esse apoio (Sobral, 2015).

### 3.6.3 Melhorias Específicas

Ajuda a enfrentar as grandes perdas da organização. Consiste em identificar a maior perda de um equipamento ou processo (produtivo ou administrativo) e atacar essa perda de uma forma sistemática até que a mesma seja extinta. Nesta vertente são também constituídos grupos de trabalho, sendo por vezes necessária a ajuda de especialistas para identificação das perdas (equipa multidisciplinar).

A ferramenta mais utilizada neste pilar é o formulário CAPDo. Consiste em verificar o estado atual, como está hoje o processo, quais os problemas, o que está a fazer com que a perda aconteça e então definir uma meta, planear ações e executá-las (Sobral, 2015). Na Figura 13, está representado os passos para a utilização da ferramenta CAPDo.

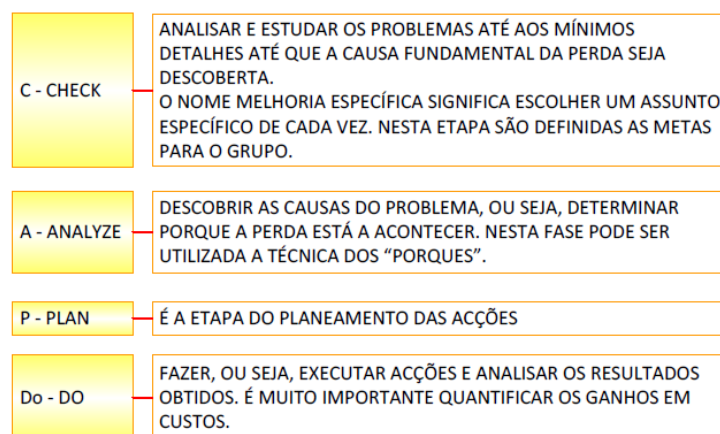


Figura 13 - Ferramenta CAPDo (Sobral, 2015).

### 3.6.4 Gestão Administrativa

Aumento da eficiência das áreas administrativas e outras. O “produto” da área administrativa também pode ser realizado de forma mais rápida e com maior qualidade. A área administrativa também é suscetível de formação de pequenos grupos de trabalho, cuja missão é definir quais os processos, a forma de medir a sua eficiência e perdas. Analisam-se as funções executadas e se há tarefas que podem ser eliminadas ou melhor forma de as executar (Sobral, 2015).

As 12 maiores perdas administrativas são:

1. Perdas no processamento;
2. Perdas económicas (custos) – contabilidade, marketing, etc.;
3. Perdas na comunicação;
4. Perdas por espera;
5. Perdas no arranque;
6. Perdas por falta de precisão;
7. Perdas por avaria dos equipamentos de escritório (computador, impressora, etc.);
8. Perdas por quebra nos canais de comunicação (telefone, fax, mail, etc.);
9. Perdas por tempo gasto para encontrar informação;
10. Perdas por indisponibilidade de material de escritório;
11. Perdas por queixas dos clientes por logística deficiente;
12. Perdas com despesas com compras urgentes.

Após todos os esforços a nível interno deve-se estender o conceito (gestão administrativa) a fornecedores e distribuidores, com o objetivo de se alcançarem menores tempos para entrega e melhor qualidade, com menores custos (fornecedores) e redução dos danos durante o transporte, armazenamento e manuseamento e uma distribuição sem atrasos (distribuidores).

### 3.6.5 Manutenção de Qualidade

As atividades deste pilar visam garantir a qualidade dos produtos no processo produtivo, para se atingir a meta “zero defeitos”. Além disso, é também foco do pilar transmitir aos colaboradores a ideia que a qualidade é uma temática que não se discute e que as ações tomadas por cada um influenciam os aspetos alusivos à qualidade. As atividades podem ser as seguintes (Sobral, 2015):

- Levantar os defeitos dos produtos – definir quais os defeitos que cada recurso de produção gera no produto (reclamações, devoluções, inspeção por amostragem, etc.);
- Implementar pontos de inspeção da qualidade nos equipamentos – sabendo a relação dos defeitos com as partes dos equipamentos e o que pode causar estes defeitos (regulação, peça, ferramenta) estipula-se um plano de inspeção em pontos concretos. A garantia da qualidade nos processos elimina as reclamações e o tempo para inspeção dos produtos;
- Melhorias específicas para prevenir e erradicar perdas – identificadas as perdas do produto, pode-se agora estudar as suas causas através da metodologia CAPDo.

### 3.6.6 Manutenção Planeada

Com uma manutenção planeada os esforços são realizados na perspetiva proactiva e não numa postura reativa. O objetivo é o de obter “zeros avarias”, melhorar a fiabilidade e a manutibilidade, reduzir os custos com manutenção e assegurar a disponibilidade de peças de reserva (sobresselentes), aplicando a manutenção mais adequada a cada equipamento. O pessoal da manutenção também é responsável por treinar o pessoal da produção (operadores) no que se refere as pequenas ações de manutenção (manutenção autónoma). Deve-se fazer uma avaliação dos equipamentos, incluindo análises de degradação e melhoria dos pontos fracos.

Na manutenção planeada é normal existir um sistema de gestão da informação onde se preparam as intervenções para cada equipamento, cumprindo programas e atribuindo recursos (materiais e humanos), resultando um mapa (planeamento). Todas as atividades deverão ser sujeitas a um ciclo de controlo para aferir se os programas, recursos, momentos de intervenção, custos e outros indicadores se encontram otimizados (Sobral, 2015).

### 3.6.7 Segurança, Higiene e Meio Ambiente

As atividades são centradas na prevenção de acidentes, quer pessoais quer ambientais. O objetivo é eliminar as condições inseguras e os atos inseguros. As condições inseguras referem-se a questões físicas que podem causar acidentes (falta de proteções, sensores de proteção danificados, etc.), que podem ser eliminadas através de reparações ou melhorias. Os atos inseguros normalmente referem-se a incumprimento de regras ou normas (ex. operador desliga um sensor de segurança).

As ações desenvolvidas baseiam-se em programas de consciencialização e ações de formação. Há que identificar e conhecer os potenciais incidentes/acidentes, e isso é uma das tarefas dos grupos de trabalho que são constituídos como também de todos os colaboradores (Sobral, 2015).

### 3.6.8 Controlo Inicial

Muitas das perdas dos processos produtivos derivam de deficiência nos projetos dos equipamentos. São então necessárias algumas análises aos projetos antes dos mesmos se concretizarem. Deve-se analisar a facilidade de operação, se a manutenção é simples e a baixo custo, se não gere facilmente produtos com defeitos e se é flexível e segura.

O pilar designado por “controlo inicial” eleva o poder de resposta ao mercado, agilizando a conceção de novos produtos. As empresas que produzem bens de consumo com um ciclo de via curto (constante inovação e mudança de produto) beneficiam das atividades desenvolvidas neste pilar, uma vez que são necessários novos equipamentos ou novos processos. Neste pilar é analisado todo o ciclo de vida dos equipamentos numa abordagem tero tecnológica (Sobral, 2015).

Os equipamentos são analisados nas seguintes fases:

- Especificação;
- Projeto;
- Fabricação;
- Instalação;
- Comissionamento;
- Operação
- Substituição.

A fase inicial compreende desde a especificação até à fase de comissionamento (ou partida), depois entregue ao departamento de produção para operação plena como demonstrado na Figura 14.

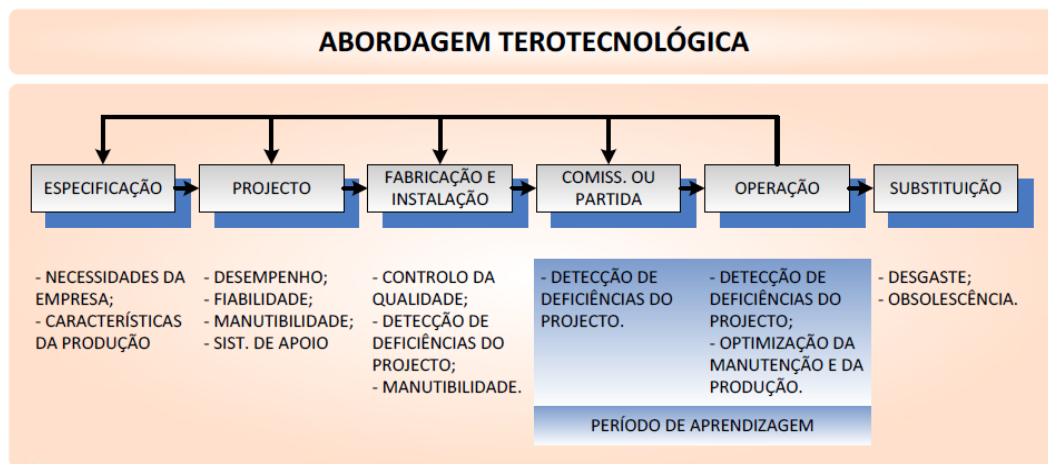


Figura 14 - Abordagem Tero tecnológica do pilar do Controlo Inicial (Sobral, 2015).

### 3.7 Implementação da Filosofia TPM

A fase de preparação é de grande importância para o sucesso do processo de implementação da filosofia TPM. É onde se define a estrutura, se faz o planeamento de toda a estratégia de implementação e se obtém o comprometimento de todos. De acordo com o JIPM, a implementação da filosofia TPM numa organização engloba 12 etapas, divididas por 4 grandes grupos ou fases (Sobral, 2015). A Figura 15 demonstra o número de etapas por fase.



Figura 15 - Várias fases da implementação da filosofia TPM (Sobral, 2015).

### 3.7.1 Preparação para a introdução

**1º Etapa** - Declaração da administração sobre a intenção de introduzir a filosofia TPM

O sucesso ou fracasso na implementação da filosofia TPM depende em larga escala da determinação da administração da empresa, uma vez que mudará a forma de trabalho das pessoas (ou até a própria estrutura da organização).

**2º Etapa** - Treino/formação de introdução à filosofia TPM

Por questões consideradas óbvias, começa-se por capacitar as pessoas que serão responsáveis pelos processos de planeamento e coordenação da implementação da filosofia TPM. Os cursos de formação deverão ser abrangentes, mas pouco profundos, e ter conteúdos diferenciados, adequados ao nível funcional dos participantes.

A ideia é dar uma visão geral de toda a metodologia, capacitando cada participante para conduzir a fase inicial da implementação.

É frequente o estabelecimento de três níveis de formação inicial, nomeadamente:

- Nível 1 - Diretores e gestores;
- Nível 2 - Supervisores do processo inicial (facilitadores);
- Nível 3 - Membros das equipas de implementação (multiplicadores).

### **3º Etapa** - Criação da estrutura para implementação da filosofia TPM

Deve-se entender esta implementação como uma forma de melhorar a cultura da organização e otimizar o processo produtivo (e administrativo), pelo que deverá ser bem definido o papel que cada nível hierárquico irá ter.

O objetivo desta etapa é criar uma estrutura para promover o TPM, juntando a estrutura vertical com a horizontal. Deverão ser constituídos nesta fase oito subcomissões, sendo cada uma responsável pelo desenvolvimento da metodologia de cada pilar da filosofia TPM. As equipas designadas para a implementação da filosofia TPM deverão ser constituídas por pessoal operacional e pessoal supervisor (Sobral, 2015).

### **4º Etapa** - Determinação de diretrizes, indicadores e metas

Outro dos maiores erros, e mais comum, é a administração querer começar logo a implementação da filosofia TPM no sector da produção e manutenção sem haver um planeamento prévio, onde os objetivos são claros.

Devem-se definir os objetivos de cada uma das atividades (grupos de trabalho) dos 8 pilares e não olhar só para a manutenção. As diretrizes do TPM serão as próprias diretrizes da organização, aquelas que lhe permitirá manter-se destacada no seu ramo ou mercado. O resultado esperado com a implementação da filosofia TPM deverá ser coerente com e alinhado com o planeamento estratégico da organização.

### **5º Etapa** - Elaboração do plano diretor para implementação da filosofia TPM

Nesta etapa é onde se prepara ou realiza um plano diretor (*Master Plan*). Alguns autores indicam esta como uma das etapas mais importantes da primeira fase, pois será onde ficam

definidas as atividades e os recursos que serão necessários para atingir as metas estabelecidas na etapa anterior.

O tempo de implementação depende muito da estrutura da organização e do apoio dado a esta nesta atividade. Pode-se dar apenas como referência que para se concluírem as 12 etapas de implementação da filosofia TPM serão necessários em média cerca de 2 anos (valor meramente indicativo, pois depende de cada situação específica) como demonstrado na Figura 16.

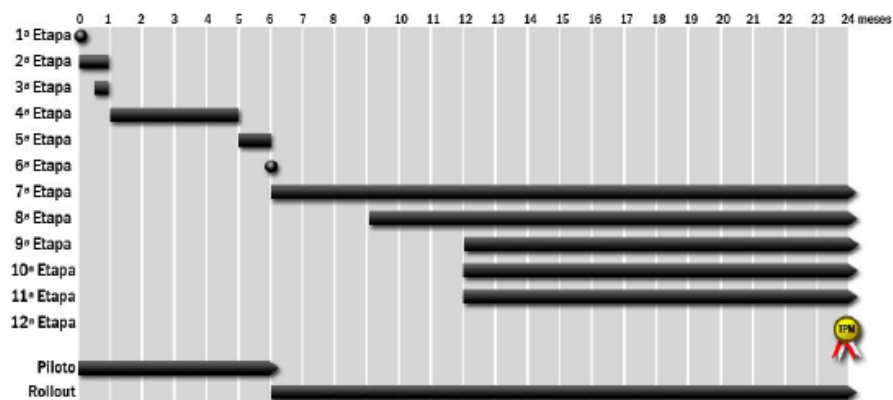


Figura 16 - Plano Macro da implementação do TPM.

Por vezes o desconhecimento dos obstáculos que surgem na implementação da filosofia TPM leva a que as pessoas tentem isoladamente encontrar as suas próprias soluções, isso irá fazer com que hajam grandes desvios, fazendo com que a organização pense que está a implementar o TPM, onde os esforços são superiores aos resultados alcançados.

A principal consequência deste fenómeno (falsa partida) será uma desmotivação das pessoas, fazendo com que nesta fase (planeamento) muitas pessoas percam a esperança e ponham em causa a filosofia.

A implementação da filosofia TPM deverá ser um processo autossustentável, onde parte dos recursos economizados com a redução das perdas sejam revertidos para a própria melhoria do processo de implementação (Sobral, 2015).

## 3.7.2 Início da introdução

### 6º Etapa - Início do programa TPM

As 5 etapas anteriores consomem algum tempo na sua realização e normalmente não mostram grandes resultados para a organização, parecendo até algo burocrático. É frequente proceder-se durante a fase anterior a uma aplicação piloto, através de uma pequena equipa ou grupo.

Através deste processo piloto já foram desenvolvidas muitas atividades interessantes, algumas dificuldades sentidas e alguns resultados alcançados. Toda esta informação será utilizada no processo de expansão horizontal da filosofia TPM.

Nesta etapa será dado o pontapé de saída (*kickoff*), sendo normalmente realizada uma reunião geral para mostrar a todos os colaboradores e parceiros o comprometimento com o TPM, apresentar o planeamento elaborado nas etapas anteriores e objetivos e expectativas da empresa (Sobral, 2015).

## 3.7.3 Implementação

### 7º Etapa - Melhoria do desempenho do processo produtivo

Assim que se inicia a implementação, verifica-se a expansão do TPM a todos os sectores da organização. Desenvolvem-se em simultâneo as atividades dos quatro pilares considerados prioritários na ótica da melhoria do desempenho do processo produtivo.

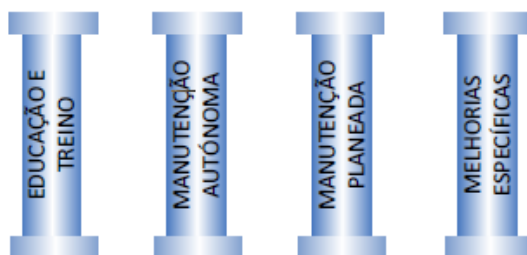


Figura 17 - Quatro pilares considerados prioritários na melhoria do desempenho do processo produtivo.

## **8º Etapa** - Estabelecimento do sistema de preservação da segurança e meio ambiente

O nível de contacto com os equipamentos, realizado pelos operadores e pessoal da manutenção é agora maior, aumentando também a exposição aos perigos e consequentemente o risco de acidente.

Nesta etapa dá-se especial atenção às atividades de segurança, higiene e meio ambiente. Estas atividades deverão ser implementadas, possuindo objetivos e indicadores de desempenho nestas áreas relativamente aos pilares referidos na etapa anterior.

Cumpra-se então o pilar da segurança, higiene e meio ambiente e com o objetivo de chegar aos zero acidentes.

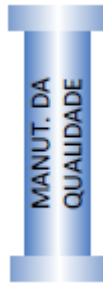


*Figura 18 - Pilar a focar na 8º Etapa.*

## **9º Etapa** - Estabelecimento do sistema de manutenção da qualidade

Um dos principais valores reconhecidos pelos clientes é a qualidade dos produtos e dos serviços. Esta fase desenvolve atividades nesse sentido, onde a manutenção da qualidade significa a eliminação das condições que propiciam a ocorrência de defeitos nos bens produzidos (ou serviços prestados). Esta obtenção do “zero defeitos” depende muito da precisão dos equipamentos e das condições do processo relativamente às características ou especificações da qualidade.

“Deixa-se de controlar a qualidade através do produto para controlar a qualidade através do processo”.



*Figura 19 - Pilar a dar importância na 9ª Etapa.*

**10ª Etapa** - Estabelecimento do sistema de melhoria da eficiência dos sectores administrativos

Com as etapas anteriores e desenvolvimento de atividades nos 5 pilares referenciados as falhas do sector produtivo diminuem drasticamente.

Sobram as falhas resultantes dos processos administrativos, que uma vez reduzidas ou eliminadas irão ter também impacto nos resultados do sector produtivo (vendas, após-venda, etc.). Processos administrativos “*Lean*” reduzem o custo e dão mais agilidade à organização no processo de tomada de decisão. Neste processo o produto é a informação.



*Figura 20 - Implementação da Gestão Administrativa na 10ª Etapa.*

**11ª Etapa** - Estabelecimento do sistema de gestão da fase inicial de equipamentos e novos produtos

Só nos resta o pilar denominado “controlo inicial” que funciona no desenvolvimento e estabelecimento da gestão da fase inicial dos equipamentos e produtos, na tentativa de identificar os problemas potenciais.

Incorpora-se nos projetos todas as melhorias desenvolvidas anteriormente, adequando o produto às necessidades do cliente e tornando-o mais fácil de ser produzido, adequando o equipamento às novas tecnologias e às condições de funcionamento (Sobral, 2015).



Figura 21 - Implementação do pilar Controlo Inicial.

### 3.7.4 Consolidação

#### 12º Etapa – Consolidação do TPM

Neste momento todos os segredos da filosofia TPM já foram revelados e experimentados por todos os que participaram no seu processo de implementação.

Todas as perdas inerentes foram reduzidas ou eliminadas, ficando agora algumas perdas remanescentes, mais difíceis de identificar e tratar.

Nesta etapa a organização deverá estar apta para se candidatar ao prémio TPM (*TPM Excellence Award*) instituído pelo JIPM (Sobral, 2015).

## 3.8 Dificuldades na Implementação da Filosofia TPM

É natural sentirem-se algumas dificuldades ao longo de todo o processo de implementação da filosofia TPM (Sobral, 2015).

1. Pode levar um número considerável de anos a implementar (dependendo do tipo e dimensão da organização, mentalidades, vontade, etc.);
2. Tipicamente as pessoas mostram uma grande resistência à mudança;
3. Muitas pessoas tratam o TPM como mais “outro” programa;

4. Não haver recursos suficientes (pessoas, tempo, dinheiro, etc.);
5. Pouca percepção da metodologia e filosofia por parte das chefias intermédias;
6. Muitas pessoas consideram as atividades do TPM como trabalho Adicional ou uma ameaça.

Na Figura 22 está representado um diagrama de causa e efeito das dificuldades na implementação da filosofia TPM.

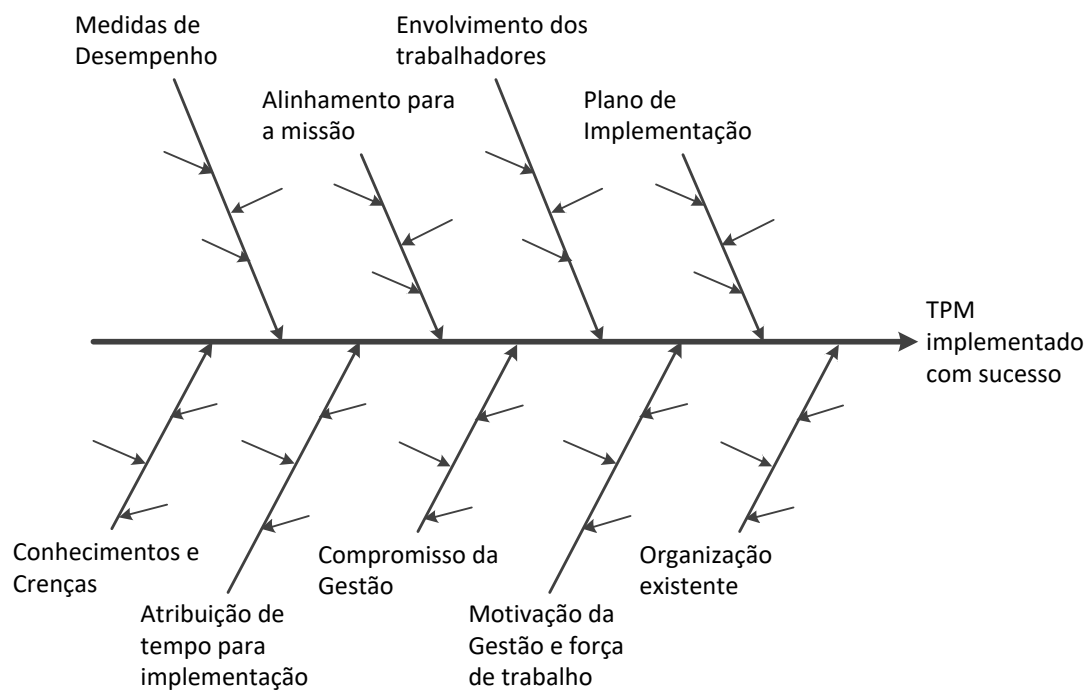


Figura 22 - Diagrama de Causa e Efeito dos fatores que contribuem para o sucesso da Implementação do TPM.

# Capítulo 4 – Overall Equipment Efficiency (OEE)

## 4.1 Enquadramento

A evolução para uma economia global expandiu a base da competição para praticamente todas as áreas de negócio. Pela natureza da própria palavra concorrência, está implícito que, independentemente do critério utilizado, seja aumento de lucro, de vendas ou redução de custos, há sempre uma medição de desempenho associada, que compara os diferentes concorrentes (Muchiri e Pintelon, 2008).

Segundo Fleischer *et al.* (2006), a competitividade das empresas de manufatura depende essencialmente da disponibilidade e produtividade das suas instalações de produção.

Huang *et al.* (2003) também afirmam que, devido à intensa competitividade global, as empresas estão a melhorar e otimizar a sua produtividade, a fim de se manterem competitivas.

O grande impacto negativo na disponibilidade das instalações de produção, neste caso dos seus equipamentos, advém essencialmente de paragens não planeadas, maioritariamente correspondente a falhas nos equipamentos. Tendo a Manutenção como principal função conservar ou restaurar os equipamentos a um estado em que estes sejam capaz de realizar a função para o qual foram concebidos, esta possui um grande impacto na garantia da disponibilidade dos mesmos (Márquez, 2007).

## 4.2 Estado da Arte

O OEE é um método básico e fundamental para o sistema de medição de desempenho de um equipamento. Dal *et al.* (2000) sugeriram que o OEE poderia ser usado como referência para medir o desempenho inicial de uma fábrica na sua totalidade. Desta forma, o valor inicial de OEE pode ser comparado com valores futuros de OEE, quantificando assim o nível de melhoria realizado.

Ljungberg (1998) e Jeong e Phillips (2001) afirmam que a definição de OEE a partir da definição de TPM não leva em conta todos os fatores que reduzem, a utilização da capacidade, por exemplo, tempo de paragens planeadas, falta de entrega de material, etc. Sugerem que esta questão oferece uma oportunidade para a gestão de produção considerar algumas das suas perdas, que não são da sua responsabilidade. Calculam a eficiência de máquinas individuais incorporando estas perdas adicionais em comparação com as seis grandes perdas de Nakajima (1998).

Barve *et al.*, (2004), Das (2001) e Jonsson e Lesshammar (1999) usam o OEE para medir a eficiência do TPM e melhorá-lo em máquinas reduzindo as perdas significantes.

Ferrari *et al.* (2002) analisaram o OEE como uma medida de desempenho da máquina ao longo de um período de meses (análise de curva de aprendizagem) com o efeito da implementação do TPM e comparou (Wang e Lee, 2001) o valor estimado de OEE (utilizando o modelo de regressão não-linear) e o valor atual do OEE.

Segundo Ahuja e Khamba (2008) o indicador OEE oferece um ponto de partida para o desenvolvimento de variáveis quantificáveis para relacionar uma medida da manutenção com as estratégias da organização. O OEE pode ser usado com um indicador da fiabilidade do sistema produtivo.

Pedro e Rodrigues (2009) afirmam que para existir uma visão mais completa do desempenho dos equipamentos e sua contribuição para a empresa, é necessário complementar o OEE com outros indicadores mais globais que meçam o grau de utilização do equipamento, relativamente ao tempo total.

Segundo Wilson (2010), o OEE é a ferramenta primária para medir a eficiência da produção. Pode ser usado para medir a produtividade de uma estação de trabalho, de uma célula, de uma linha ou de uma fábrica inteira. Este cálculo é muito importante por permitir apartar os problemas responsáveis pela quebra mais substancial do OEE e selecionar exatamente esses como prioritários para posterior resolução.

O OEE é definido como a medição do desempenho total do equipamento, ou seja, o grau em que o equipamento está a cumprir com o que é suposto. Trata-se de uma ferramenta de análise tripartida de desempenho dos equipamentos, com base na sua disponibilidade, desempenho e qualidade. É utilizado para identificar num equipamento as perdas relacionadas, tendo como finalidade melhorar o desempenho e a fiabilidade dos ativos (Muchiri e Pintelon, 2008).

Nakajima (1998) afirma que nas condições ideais, as empresas de classe mundial deveriam ter um OEE superior a 85%. Kotze (1993), por outro lado, argumenta que ter um OEE superior a 50% é o mais realista e, portanto, mais aceite. Os valores diferentes de eficiência demonstram as dificuldades de comparar o OEE durante o processo.

## 4.3 TPM e OEE

Para se obter sucesso na implementação do programa TPM, deve existir uma forma de medir como estão inicialmente os processos e quais foram os ganhos obtidos com a implementação do programa.

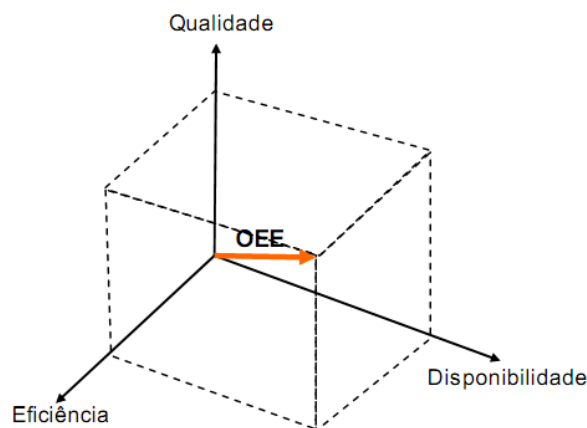
Para monitorizar a implementação, evolução e desempenho do TPM podem-se seguir diversas metodologias ((Brah e Chong, 2004); (Wang, 2006); (Jeon *et al.*, 2011); (Konecny e Thun, 2011)), sendo a mais aceite e utilizada, a avaliação quantitativa do “*Overall Equipment Efficiency*” (OEE).

A produtividade de um equipamento depende fundamentalmente do tempo de operação efetiva, da utilização na sua capacidade máxima e da qualidade da produção.

O OEE é um indicador capaz de determinar o desempenho global de um determinado sistema ou processo. “*A métrica OEE oferece um ponto de partida para o desenvolvimento de*

*variáveis quantificáveis para relacionar uma medida da manutenção com as estratégias da organização. O OEE pode ser usado com um indicador da fiabilidade do sistema produtivo”* (Ahuja e Khamba, 2008).

Para Pedro e Rodrigues (2009), um modo simples de apresentar o conceito OEE é através da definição da “Máquina Perfeita”. Se durante um determinado período de tempo não existirem perdas de nenhum tipo, isto é, o equipamento esteve sempre apto a produzir quando necessário e produziu sempre produtos sem defeitos à primeira e à velocidade máxima definida, então diz-se que operou com 100% de eficiência global. O OEE é um indicador que mede o desempenho de uma forma “tridimensional” pois tem em consideração o tempo útil que o equipamento dispõe para produzir, a eficiência da produção (capacidade de produzir na cadencia nominal) e a qualidade do produto obtida pelo processo em que o equipamento está inserido. A Figura 23 representa esse desempenho na forma “tridimensional”.



*Figura 23 - Parâmetros a estudar com o indicador OEE*

(Pedro e Rodrigues, 2009).

O cálculo do OEE engloba o conhecimento de três fatores relacionados com o equipamento, nomeadamente (Nakajima, 1988):

- Disponibilidade (%);
- Desempenho (%);
- Qualidade (%).

Para existir uma visão mais completa do desempenho dos equipamentos e sua contribuição para a empresa, é necessário complementar o OEE com outros indicadores mais globais que meçam o grau de utilização do equipamento, relativamente ao tempo total (Pedro e Rodrigues, 2009). A Figura 24 mostra como se calculam os três indicadores que medem o grau de utilização do equipamento.

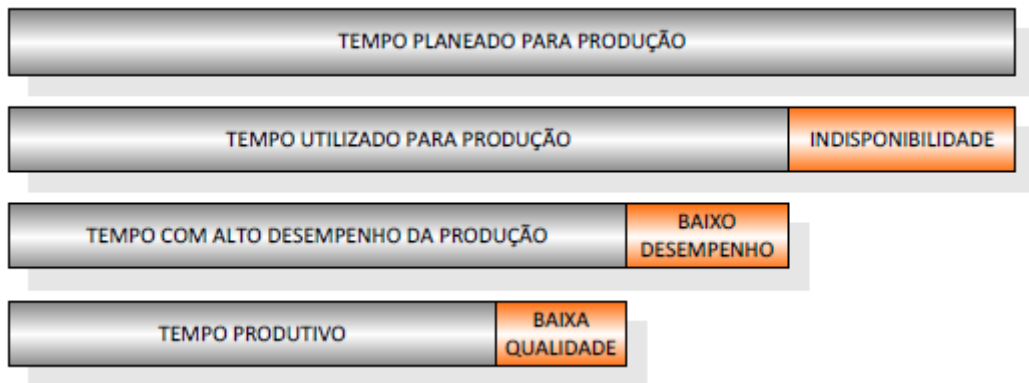


Figura 24 - Análise de tempos de produção (Sobral, 2015).

De acordo com a definição de Nakajima (1988), o OEE é medido em termo de seis grandes perdas, que são essencialmente uma função de disponibilidade, desempenho e qualidade do equipamento. Na Figura 25 estão representados as perdas e objetivos de cada parâmetro do OEE.

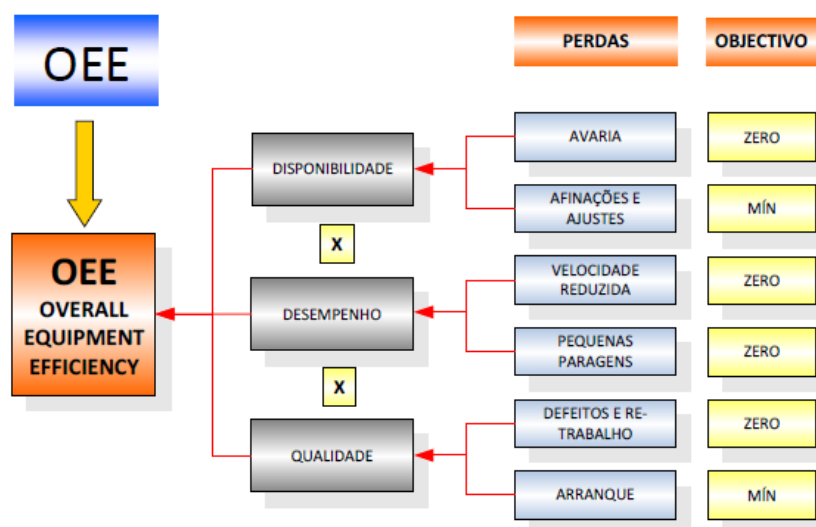


Figura 25 - Perdas e Objetivos para cada parâmetro do OEE (Sobral, 2015).

Assim, o cálculo do OEE é dado pela expressão seguinte:

$$OEE (\%) = Disponibilidade \times Desempenho \times Qualidade \quad (1)$$

Disponibilidade Operacional – **DO** – Também conhecido como o grau de aptidão para o cumprimento das funções de um equipamento. A disponibilidade é a relação entre o tempo em que o equipamento está disponível para produzir e o tempo operativo total.

Taxa de Desempenho – **TD** – Exprime o comportamento produtivo do equipamento. O desempenho ou taxa de rendimento determina-se fundamentalmente através da relação entre a velocidade real e a velocidade nominal de produção do equipamento.

Taxa de Qualidade – **TQ** – A taxa de qualidade é a proporção de unidades sem defeitos relativamente ao volume total de produção.

A função manutenção afeta todas as medidas do OEE. Quanto à disponibilidade, esta é afetada pela manutenção na medida em que todas as atividades de paragem planeadas reduzem a disponibilidade dos equipamentos afetando, conseqüentemente, o OEE. Quanto ao desempenho este diminui, pois após qualquer paragem não planeada é necessário atuar para que a taxa de produção volte à velocidade normal, levando ao desperdício de tempo.

Em relação à qualidade, os equipamentos em falha parcial criaram imperfeições no produto final, levando a desperdícios. Assim, a qualidade do produto será menor (Zuashkiani *et al.*, 2011).

Na maioria dos casos analisados e apresentados em casos de estudos reais o OEE situa-se entre os 30% - 40%, sendo referido por muitos autores que este indicador deverá ter um valor de pelo menos 85% para ser considerado como um valor de classe mundial.

## 4.4 Disponibilidade Operacional (*Availability*)

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo Efetivo de Operação}}{\text{Jornada de Trabalho}} \quad (2)$$

JT = **J**ornada de **T**rabalho (*Potential Working Time*) - Tempo total disponível do equipamento subtraindo os tempos de paragens planeadas (programa, repouso de operadores) normalizado numa base (diária, semanal, mensal, etc.).

TO = **T**empo Efetivo de **O**peração (*Operating Time*) - Tempo relativo à jornada de trabalho menos o tempo relativo às paragens não programadas (avarias, *setup*'s, e outras paragens se consideradas prolongadas) (Sobral, 2015).

As paragens planeadas contabilizam todos os períodos de interrupção do processo produtivo previamente planeados, como interrupção para ações de manutenção, intervalos e reuniões. Para a determinação dos tempos de paragem, que afetam negativamente a disponibilidade dos equipamentos devem ser registados tempos, que somados culminam no tempo total de paragens:

- Os tempos de falha e reparação: inclui todos os tempos de paragem até que o primeiro produto dentro das especificações seja produzido;
- Tempos de *Setup* e ajustamentos: é o tempo que decorre desde a produção do último produto A conforme e o primeiro produto B conforme;
- Outros tempos que afetam a disponibilidade: qualquer outro tempo não escalonado que se pretende considerar para efeito do cálculo da disponibilidade.

De acordo com Ahuja e Khamba (2008), as paragens planeadas, em diversas organizações, são também alvo de ações de melhoria, de modo a minimizar o tempo despendido nas ações de manutenção planeada.

Este índice reflete o tempo produtivo real dos equipamentos. Segundo Park e Han (2001) maximizar a disponibilidade do equipamento reduz a quantidade de *stock* intermédio para proteger o processo contra quebras de produção provocadas por avarias e aumenta a capacidade efetiva do equipamento.

## 4.5 Taxa de Desempenho (*Performance Efficiency*)

$$\text{Desempenho} = \frac{\text{Taxa de Produção Real}}{\text{Taxa de Produção Ideal}} \quad (3)$$

TPR = Taxa de Produção Real (*Actual Production Rate*) - Número de unidades produzidas no tempo operacional. Este valor é afetado por pequenas paragens (normalmente inferiores a 10 min. cada uma) e/ou por se verificar uma velocidade reduzida do processo (alterando o tempo de ciclo).

TPI = Taxa de Produção Ideal (*Design Production Rate*) - Número de unidades teoricamente possíveis de produzir no mesmo tempo operacional (Sobral, 2015).

O número de produtos efetivamente produzidos é comparado com o número de produtos produzidos com a máquina a trabalhar caso estivesse em condições ótimas de funcionamento, à velocidade *standard*. De modo a ser possível identificar as causas raízes de constrangimentos que impedem a maximização da capacidade produtiva do equipamento, pode-se recorrer ao método dos “5 Porquês” ou a uma Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA). Uma vez identificadas as causas de pequenas interrupções do processo produtivo e decréscimo da velocidade de operação, é possível iniciar ações de melhoria destinadas à supressão das pequenas interrupções e ao aumento da velocidade de operação do equipamento, de modo a atenuar as diferenças entre o tempo de ciclo real e o tempo de ciclo atual.

## 4.6 Taxa de Qualidade (*Quality Rate*)

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Produtos Bons}}{\text{Produção Total}} \quad (4)$$

PB = Produtos Bons (*Non Defective Products*) - Valor correspondente à quantidade total produzida menos a quantidade de unidades rejeitadas.

PT = **Produção Total** (*Total Products Processed*) - Número total de unidades produzidas (Sobral, 2015).

O índice de qualidade reflete a capacidade de um equipamento produzir um produto segundo os parâmetros de conformidade ou especificações estabelecidos. São comparadas as quantidades expectáveis de produção e a quantidade de produtos produzidos em conformidade com os requisitos especificados no projeto.

São contabilizadas as seguintes perdas:

- Quantidade de peças defeituosas produzidas;
- Quantidade de peças que necessitam de correções.

O cálculo do índice de qualidade efetua-se recorrendo à equação apresentada em (4). As peças retrabalhadas devem ser contabilizadas, pois representa uma consequência do incorreto funcionamento do equipamento, pelo que, mesmo apesar de corrigidas de modo a reunirem as condições impostas, elas representam um desperdício.

Ao conhecer o efeito da manutenção no OEE verifica-se que esta deixou de ser vista como um custo mas sim como um investimento, o qual terá grande retorno. Ao conseguir aumentar o OEE, mesmo que seja com uma pequena margem, é possível criar uma vantagem competitiva significativa pois, ao ser reduzido o custo de produção a margem de lucro será maior, oferecendo maior flexibilidade no preço potencial do produto (Zuashkiani *et al.*, 2011).

De acordo com Nakajima (1988) o valor ideal do indicador OEE deve ser de 85% ou maior. Para isso, de acordo com o mesmo autor, cada uma das variáveis envolvidas deve apresentar, no mínimo, os seguintes valores apresentados na Tabela 2:

*Tabela 2 - Valores a atingir para as variáveis do OEE.*

Variáveis	Valor (%)
Disponibilidade	90%
Desempenho	95%
Qualidade	99%

As seis grandes perdas definidas por Nakajima influenciam diretamente a disponibilidade, o desempenho, a qualidade e consequentemente, o indicador do OEE, conforme é apresentado na Figura 26.

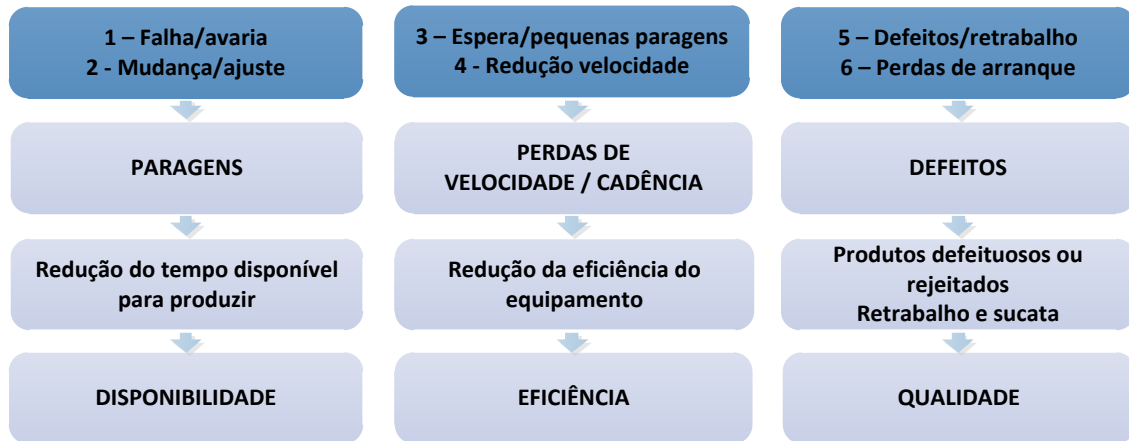


Figura 26 - Seis grandes perdas do OEE.

#### A. Tempos mortos

1. Avarias devidas a falha do equipamento;
2. Preparação e ajustes nas mudanças de produção (setup's);

#### B. Perdas de velocidade

3. Paragens curtas e tempos em vazio;
4. Velocidade reduzida;

#### C. Defeitos

5. Defeitos de qualidade que requerem reparação;
6. Menor rendimento dos equipamentos entre o início de produção e a produção estável (velocidade de cruzeiro) (Pedro e Rodrigues, 2009).

Sendo a melhoria do OEE um processo contínuo significa que está frequentemente enquadrado em programas de manutenção preventiva. Assim, é necessário definir estratégias com o intuito de eliminar as perdas associadas a cada uma das componentes, adotando estratégias de prevenção (Pedro e Rodrigues, 2009).

Foram formadas então estratégias de prevenção e eliminação dessas perdas. A Tabela 3 descreve essas estratégias.

Tabela 3 - Estratégias de prevenção e eliminação das perdas do OEE.

Perdas	Estratégias de Eliminação	Estratégias de Prevenção
<b>1- Falha/Avaria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparação eficaz;</li> <li>• Detecção correta das avarias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção preventiva.</li> <li>• Manutenção Centrada na Fiabilidade (RCM)</li> </ul>
<b>2- Setup's e Ajustagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzir tempo de mudança.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceber ou alterar equipamentos.</li> </ul>
<b>3- Pequenas paragens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminação das pequenas paragens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção Centrada na Fiabilidade (RCM).</li> <li>• Automação.</li> <li>• Modificar equipamentos para alimentação contínua.</li> </ul>
<b>4- Redução de Velocidade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanceamento das linhas de produção.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Engenharia da fiabilidade</li> </ul>
<b>5- Defeitos de Qualidade e Retrabalho</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detetar e corrigir as causas dos problemas de qualidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção da Qualidade.</li> <li>• Ações Preventivas.</li> </ul>
<b>6- Perdas de Arranque</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detetar e corrigir as causas das perdas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudar e implementar as condições ideais de arranque.</li> <li>• Modificar equipamentos e ferramentas.</li> </ul>

O OEE permite o estudo de aspetos mais amplos da produção, não só a disponibilidade e desempenho do equipamento, mas também as perdas de eficiência que resultam de perdas de retrabalho e de rendimento (Pophaley, 2010). Todos os departamentos devem trabalhar em parceria com o intuito de melhorar o OEE através da eliminação na origem, das muitas

razões para a pouca manutibilidade, operabilidade e fiabilidade (Willmott e McCarthy, 2001).

O OEE pode ser usado como referência para a medida inicial do desempenho de um equipamento. Assim o OEE calculado inicialmente pode ser comparado com futuros valores de OEE e assim quantificar o nível de melhoria realizada (Singh *et al.*, 2013).

## 4.7 OEE – Alguns cuidados a ter em atenção

Segundo Semi (1996), existem alguns cuidados a ter na implementação do OEE, que são:

- 1 O valor calculado não deve ser usado como uma medida do nível da empresa ou da instalação, tratando-se apenas de uma medida da eficiência de um determinado equipamento;
- 2 O valor calculado não é válido para comparar equipamentos ou processos diferentes. É um indicador relativo para um único equipamento, servindo para comparar os valores de OEE desse equipamento ao longo do tempo. Poderá ser aplicado a equipamentos similares;
- 3 O valor não é uma medida da eficiência da manutenção uma vez que a maior parte das perdas saem fora do controlo direto desta função;
- 4 Não existe um valor especificado para o valor de OEE designado por “valor de classe mundial”. No entanto, um valor de 85% é frequentemente citado. De igual forma, a maximização do OEE depende da capacidade do ativo, da procura ou se existe algum constrangimento no fluxo produtivo (valor obtido por uma disponibilidade de 90%, uma taxa de desempenho de 95% e uma taxa de qualidade de 99%);

O valor calculado não é estatisticamente válido. O valor percentual determinado assume que todas as perdas relativas ao equipamento são de igual importância e que qualquer melhoria de 1% na qualidade pode ter um impacto idêntico à melhoria de 1% na disponibilidade. As três medidas são falsamente consideradas idênticas, ou seja, o tempo cronológico, as unidades produzidas por unidade de tempo e as unidades produzidas são convertidas em percentagens para comparação.

# Capítulo 5 – Caso de Estudo

## 5.1 Dados Recolhidos

Para o cálculo do OEE da enchedora foi preciso recolher dados referentes aos três parâmetros deste indicador. Com a ajuda da plataforma SAP, recolheram-se dados referentes a tempos efetivos de trabalho, número de garrafas rejeitadas e produção horária da enchedora da linha de enchimento número 1. Os dados recolhidos compreendem os anos de 2015 e 2016 para proceder à comparação das melhorias da eficiência do equipamento. Na Tabela 5 estão apresentados os tempos de funcionamento da linha de enchimento número 1 e pela mesma determinaram-se aos dados de Disponibilidade Operacional (*Availability*) e Taxa de Desempenho (*Performance Efficiency*).

No caso da Disponibilidade Operacional sabe-se que se obtém através do quociente entre o Tempo Efetivo de Operação e a Jornada de Trabalho, que no caso da Tabela 4 serão os tempos de Tempo de Operação e Tempo de Produção Disponível respetivamente.

Tabela 4 - Tempos retirados da linha 1 no ano de 2016.

Ano civil/mês	01.2016	02.2016	03.2016	04.2016	05.2016	06.2016	07.2016	08.2016	09.2016	10.2016	11.2016	12.2016	Resultado global
<b>Tempo Total</b>	744,00	696,00	744,00	720,00	744,00	720,00	744,00	744,00	720,00	744,00	720,00	744,00	8.784,00
<b>Tempo de Produção Disponível</b>	399,28	203,87	347,30	322,25	547,63	523,43	604,98	602,43	508,43	265,25	305,62	221,25	4.851,73
<b>Paragens Externas à Linha</b>	17,10	13,33	16,93	17,70	19,00	21,75	29,42	13,88	15,85	8,22	8,60	9,92	191,70
<b>Avarias</b>	34,45	34,22	10,95	26,72	28,38	30,45	49,08	38,65	30,43	31,00	27,13	24,47	365,93
<b>Tempo de Operação</b>	347,73	156,32	319,42	277,83	500,25	471,23	526,48	549,90	462,15	226,03	269,88	186,87	4.294,10
<b>Produto Produzido (hl)</b>	44.498	20.737	42.915	37.722	65.951	62.839	65.517	68.844	61.668	30.445	31.902	22.120	555.158
<b>Taxa de Produção (hl/hr)</b>	160,98	163,54	162,49	167,48	161,77	161,85	157,29	155,32	162,97	167,47	166,45	168,33	161,78
<b>Taxa de Produção (GFA/hr)</b>	58.205	57.561	57.053	59.894	59.611	57.497	57.728	58.927	57.570	58.871	59.701	59.822	702.439

A Taxa de Desempenho é conseguida pela divisão da Taxa de Produção Real e a Taxa de Produção Ideal. A Taxa de Produção Ideal são 60.000 garrafas por hora (capacidade máxima da enchedora) e a Taxa de Produção Real foi calculada a partir dos parâmetros Taxa de Produção (hl/hr), Taxa de Produção (GFA/hr), Produto Produzido (hl) e Tempo de Operação.

$$hl/GFA = \frac{\text{Taxa de Produção (hl/hr)}}{\text{Taxa de Produção (GFA/hr)}} \quad (5)$$

$$GFA = \frac{\text{Produto Produzido (hl)}}{hl/GFA} \quad (6)$$

$$\text{Taxa de Produção Real (GFA/hr)} = \frac{GFA}{\text{Tempo de Operação}} \quad (7)$$

Na Tabela 5 estão apresentados os valores calculados para o ano de 2016 relativamente à Taxa de Produção Real.

Tabela 5 - Valores obtidos do ano de 2016 da Taxa de Produção Real.

Ano civil/mês	01.2016	02.2016	03.2016	04.2016	05.2016	06.2016	07.2016	08.2016	09.2016	10.2016	11.2016	12.2016
hl/GFA	0,002766	0,002841	0,002848	0,002796	0,002714	0,002815	0,002725	0,002636	0,002831	0,002845	0,002788	0,002814
GFA	16.088.926	7.298.596	15.068.273	13.490.049	24.302.556	22.323.117	24.045.679	26.118.648	21.785.071	10.702.111	11.441.897	7.861.151
GFA/hr	46.268	46.691	47.174	48.554	48.581	47.372	45.672	47.497	47.139	47.347	42.396	42.068

Os tempos tabelados retratam o tempo total que o equipamento tem disponível para produzir e os tempos medidos de produção disponível, tempo operacional, avarias e paragens externas à linha. Para o cálculo da Taxa de Qualidade (*Quality Rate*) recorreu-se aos dados da Tabela 6 onde se encontram dados da produção total e produtos rejeitados. A Taxa de Qualidade será o quociente entre Produtos Bons e Produção Total.

Tabela 6 - Dados referentes à Produção Total e Produtos Rejeitados no ano de 2016.

2016	Produção Total	Produtos Maus	Produtos Bons
Jan	15.722.265 GFA	32.711 GFA	15.689.554 GFA
Fev	7.431.700 GFA	18.749 GFA	7.412.951 GFA
Mar	15.114.031 GFA	49.725 GFA	15.064.306 GFA
Abr	13.602.030 GFA	33.346 GFA	13.568.684 GFA
Mai	23.999.989 GFA	59.789 GFA	23.940.200 GFA
Jun	22.600.337 GFA	40.926 GFA	22.559.411 GFA
Jul	22.283.162 GFA	62.011 GFA	22.221.151 GFA
Ago	26.321.534 GFA	55.074 GFA	26.266.460 GFA
Set	21.134.916 GFA	36.856 GFA	21.098.060 GFA
Out	10.494.882 GFA	16.021 GFA	10.478.861 GFA
Nov	11.301.499 GFA	23.538 GFA	11.277.961 GFA
Dez	7.869.737 GFA	9.666 GFA	7.860.071 GFA

Retiraram-se os mesmos dados para o ano de 2015. Efetuaram-se os cálculos em cima descritos e obtiveram-se os dados ilustrados nas Tabelas 7, 8 e 9.

Na Tabela 7 estão registados os valores obtidos da Taxa de Produção Real do ano de 2015.

*Tabela 7 - Valores obtidos do ano de 2015 da Taxa de Produção Real.*

Ano civil/mês	01.2015	02.2015	03.2015	04.2015	05.2015	06.2015	07.2015	08.2015	09.2015	10.2015	11.2015	12.2015
h/GFA	0,002881	0,002935	0,002931	0,002884	0,002919	0,002981	0,002916	0,002891	0,002889	0,002760	0,002922	0,002782
GFA	13.753.419	10.857.462	5.244.906	12.119.370	19.143.476	20.917.683	21.518.364	19.845.240	13.888.034	11.834.393	10.514.896	8.093.224
GFA/hr	46.532	49.233	47.732	46.399	44.827	45.720	44.786	45.544	45.240	47.790	46.027	47.537

Na Tabela 8 estão descritos os valores dos tempos de funcionamento da linha de enchimento número 1 no ano de 2015.

*Tabela 8 - Tempos retirados da linha 1 no ano de 2015.*

Ano civil/mês	01.2015	02.2015	03.2015	04.2015	05.2015	06.2015	07.2015	08.2015	09.2015	10.2015	11.2015	12.2015	Resultado global
<b>Tempo Total</b>	744,00	672,00	744,00	720,00	744,00	720,00	744,00	744,00	720,00	744,00	720,00	744,00	8.760,00
<b>Tempo de Produção Disponível</b>	331,35	268,17	153,88	314,32	479,35	516,68	556,70	476,77	332,93	276,87	263,98	198,75	4.169,75
<b>Paragens Externas à Linha</b>	4,33	12,13	16,25	22,85	22,00	17,67	26,32	24,53	9,67	8,08	7,20	8,33	179,37
<b>Avarias</b>	31,45	35,50	27,75	30,27	30,30	41,50	49,92	16,50	16,28	21,15	28,33	20,17	349,12
<b>Tempo de Operação</b>	295,57	220,53	109,88	261,20	427,05	457,52	480,47	435,73	306,98	247,63	228,45	170,25	3.641,27
<b>Produto Produzido (HL)</b>	39.617	31.863	15.370	34.947	55.874	62.349	62.743	57.375	40.125	32.665	30.722	22.515	486.164
<b>Taxa de Produção (hl/hr)</b>	171,92	169,78	167,58	168,81	160,21	165,95	163,09	163,02	158,29	154,43	162,60	162,09	163,64
<b>Taxa de Produção (GFA/hr)</b>	59.683	57.855	57.185	58.541	54.891	55.675	55.934	56.385	54.787	55.948	55.650	58.265	680.799

Na Tabela 9 estão representados os valores da produção total e produtos rejeitados referentes à linha de enchimento número 1 no ano de 2015.

*Tabela 9 - Dados referentes à Produção Total e Produtos Rejeitados no ano de 2015.*

2015	Produção Total	Produtos Maus	Produtos Bons
Jan	13.873.245 GFA	14.429 GFA	13.858.816 GFA
Fev	10.954.900 GFA	13.254 GFA	10.941.646 GFA
Mar	6.013.320 GFA	15.230 GFA	5.998.090 GFA
Abr	12.078.724 GFA	17.544 GFA	12.061.180 GFA
Mai	18.071.206 GFA	38.222 GFA	18.032.984 GFA
Jun	20.868.467 GFA	37.802 GFA	20.830.665 GFA
Jul	21.768.250 GFA	40.148 GFA	21.728.102 GFA
Ago	19.826.500 GFA	30.324 GFA	19.796.176 GFA
Set	13.946.210 GFA	19.568 GFA	13.926.642 GFA
Out	11.820.993 GFA	19.156 GFA	11.801.837 GFA
Nov	10.538.204 GFA	24.313 GFA	10.513.891 GFA
Dez	7.963.300 GFA	15.001 GFA	7.948.299 GFA

A Figura 27 compara o número de garrafas enchidas nos anos de 2015 e 2016.

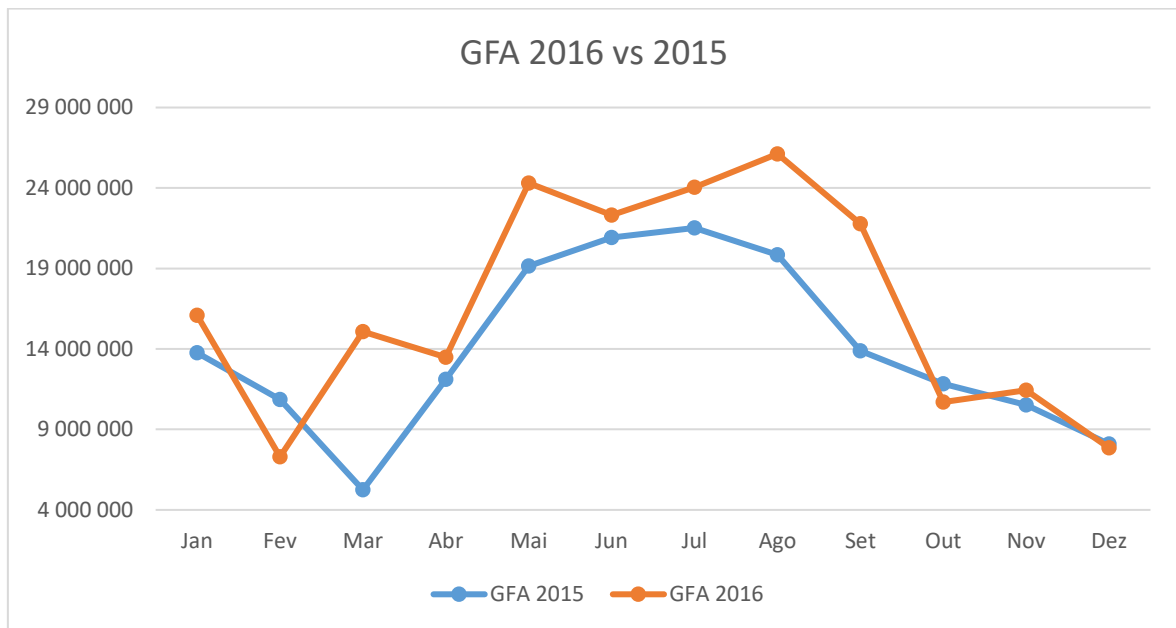


Figura 27 - Comparação do número de garrafas enchidas nos anos de 2015 e 2016.

A Figura 28 compara o número de garrafas enchidas por hora na linha ou seja, a taxa de produção real nos anos de 2015 e 2016.

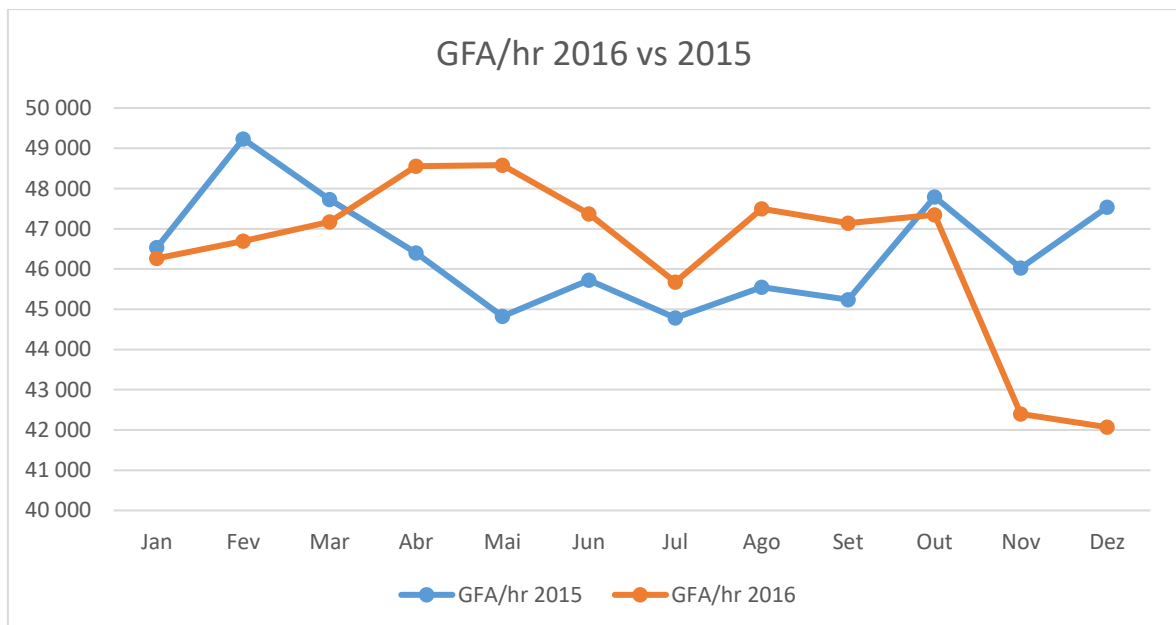


Figura 28 - Comparação entre as Taxas de Produção Real dos anos de 2015 e 2016.

O facto de o número de garrafas enchidas por hora não ser o máximo que o equipamento produz (60.000 GFA/hr) deve-se ao facto de o tempo de avarias e paragens externas à linha estarem a influenciar esta produção. Mas também poderá ser pelo facto de não ser necessário produzir o máximo possível pois pode não haver procura do mercado para tal.

Por fim calculou-se o OEE da enchedora referente ao ano de 2015 e 2016. Os resultados obtidos estão descritos no capítulo seguinte.

## 5.2 Cálculo do OEE

Com as fórmulas (2), (3) e (4) e posteriormente com a fórmula (1) obtiveram-se os seguintes valores descritos na Tabela 10 (fórmulas ilustradas no Capítulo 4). Esta tabela apresenta os valores dos três parâmetros necessários para o cálculo do OEE e seu valor no ano de 2016.

Tabela 10 - OEE mensal obtido no ano de 2016.

2016	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Taxa de Qualidade	99,79%	99,75%	99,67%	99,75%	99,75%	99,82%	99,72%	99,79%	99,83%	99,85%	99,79%	99,88%
Taxa de Desempenho	77,11%	77,82%	78,62%	80,92%	80,97%	78,95%	76,12%	79,16%	78,56%	78,91%	70,66%	70,11%
Disponibilidade Operacional	87,09%	76,68%	91,97%	86,22%	91,35%	90,03%	87,02%	91,28%	90,90%	85,22%	88,31%	84,46%
OEE	67,02%	59,52%	72,07%	69,60%	73,78%	70,95%	66,06%	72,11%	71,29%	67,14%	62,27%	59,14%

A Figura 29 representa o gráfico de evolução do OEE no ano de 2016.

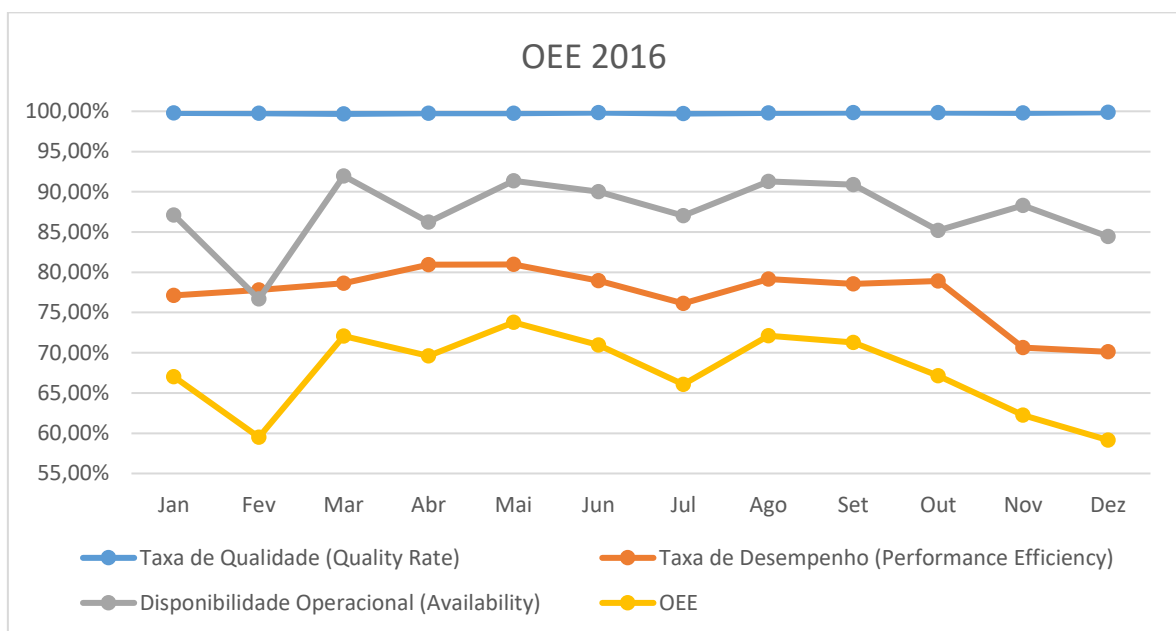


Figura 29 - Gráfico da evolução do OEE ao longo do ano de 2016.

Analisando estes valores chegou-se à conclusão que no ano de 2016 o maior valor obtido foi no mês de Maio (73,78%) e o menor valor obtido foi no mês de Dezembro (59,14%). Analisando a descida de valores do mês de Fevereiro, o parâmetro da Disponibilidade Operacional é o que mais influencia esta descida (a Taxa de Qualidade e Taxa de Desempenho mantêm-se praticamente iguais). Analisando os valores que influenciam o parâmetro da Disponibilidade Operacional no mês de Janeiro e Fevereiro, há uma queda de cerca de 10% influenciada pelas paragens externas à linha e pelas avarias, que têm aproximadamente os mesmos valores que do mês de Janeiro, mas pelo facto de termos menos tempo de produção disponível (cerca de 30% do tempo total em Fevereiro versus cerca de 54% do tempo total em Janeiro), esta irá influenciar negativamente o valor da Disponibilidade Operacional e consequentemente o valor do OEE.

No caso do mês de Julho (mês de produção alta) verificou-se que houve uma descida de cerca 4% do OEE. Isto deve-se também à descida da Disponibilidade Operacional. Ao analisar os tempos da Tabela 4, conclui-se que o mês de Julho é o único mês do ano de 2016 em que a linha não esteve parada, fazendo com que o tempo de produção disponível fosse cerca de 82% do tempo total. Continuando a analisar estes tempos, repara-se que a diferença entre os tempos de produção disponível e tempo operacional deve-se às paragens externas à linha e avarias, que neste mês são os mais altos do ano inteiro.

Analisou-se também o decréscimo desde o mês de Setembro até Dezembro (valor mínimo) verificando-se que os parâmetros Taxa de Desempenho (apesar da sua descida ter sido significativa no mês de Novembro) e Disponibilidade Operacional são os que influenciam diretamente esta descida. Em relação ao parâmetro da Disponibilidade Operacional, em Setembro apresenta um valor de cerca de 91% mas desce para 86% no mês de Outubro. Volta a subir para 89% e descer para 85% nos meses de Novembro e Dezembro respetivamente. Estas descidas podem ser explicadas com a comparação de tempos de produção disponível. No mês de Setembro (considerado ainda mês de alta produção) o tempo de linha parada é muito menor o que fará com que o tempo de produção disponível seja muito maior (cerca de 70% do tempo total) e assim só irá influenciar os tempos de paragens externas à linha e avarias (apesar de neste mês os tempos de paragens planeadas, limpezas da linha e treinos/reuniões serem superiores aos meses seguintes). Nos meses subsequentes nota-se um aumento do tempo de linha parada (tempo de produção disponível entre 30% a 40% do tempo total) que comparando com o mês de Setembro irá influenciar bastante no

tempo de produção disponível e conseqüentemente no tempo operacional. Apesar dos valores das paragens externas à linha diminuírem, os tempos de avarias continuam os mesmos o que fará sempre uma descida (apesar de mínima) no tempo operacional e conseqüentemente no valor da Disponibilidade Operacional. Em relação à Taxa de Desempenho esta pode ser explicada pelo facto do mês de Setembro ser um mês de produção alta e o número de garrafas enchidas ser mais próximo da Taxa de Produção Ideal do que nos meses posteriores. Nota-se um decréscimo de cerca de 8%.

A Tabela 11 apresenta os valores do OEE no ano de 2015.

Tabela 11 - OEE mensal obtido no ano de 2015.

2015	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Taxa de Qualidade	99,90%	99,88%	99,75%	99,85%	99,79%	99,82%	99,82%	99,85%	99,86%	99,84%	99,77%	99,81%
Taxa de Desempenho	77,55%	82,05%	79,55%	77,33%	74,71%	76,20%	74,64%	75,91%	75,40%	79,65%	76,71%	79,23%
Disponibilidade Operacional	89,20%	82,24%	71,41%	83,10%	89,09%	88,55%	86,31%	91,39%	92,21%	89,44%	86,54%	85,66%
OEE	69,11%	67,40%	56,66%	64,17%	66,42%	67,35%	64,30%	69,27%	69,43%	71,12%	66,23%	67,74%

A Figura 30 representa o gráfico de evolução do OEE no ano de 2015.

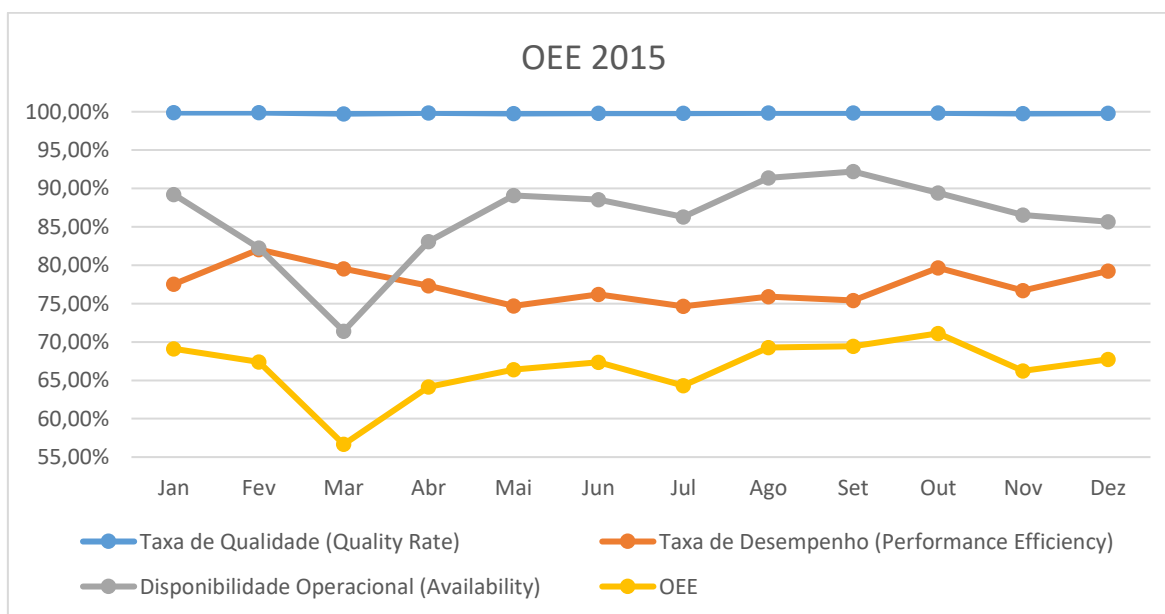


Figura 30 - Gráfico da evolução do OEE ao longo do ano de 2015.

No ano de 2015 o maior valor obtido foi no mês de Outubro (71,12%) e o menor valor obtido foi no mês de Março (56,66%). Ao analisar os parâmetros que influenciam o resultado do

OEE, conclui-se que no mês do Março, o que mais influencia a sua descida é a Disponibilidade Operacional. Este parâmetro tem uma descida cerca de 11% devido à diferença entre tempos de linha parada. No mês de Fevereiro este teve um tempo de produção disponível correspondente a 40% do tempo total, enquanto que no mês de Março este apenas teve um tempo de produção disponível correspondente a 21% do tempo total, voltando a subir em Abril para cerca de 44% do tempo total. Essa descida deve-se ao tempo de linha parada e manutenção programada que irá diminuir o tempo de produção disponível. As paragens externas à linha e avarias mantêm-se iguais, fazendo com que o tempo operacional diminua. Consequentemente o valor da Disponibilidade Operacional também irá diminuir.

Analisou-se também a diminuição do valor do OEE do mês de Julho e conclui-se que o parâmetro da Disponibilidade Operacional é o que mais influência esta descida. Ao analisar os tempos da Tabela 8 reparou-se que neste mês, apesar do tempo de linha parada ter sido o menor do ano inteiro, fazendo com que o tempo de produção disponível corresponda a cerca de 75% do tempo total, os tempos de paragens externas à linha e de avarias foram os maiores durante o ano de 2015 contribuindo negativamente para o parâmetro da Disponibilidade Operacional.

A Figura 31 representa a comparação de resultados do OEE para a enchedora do ano de 2016 e 2015.

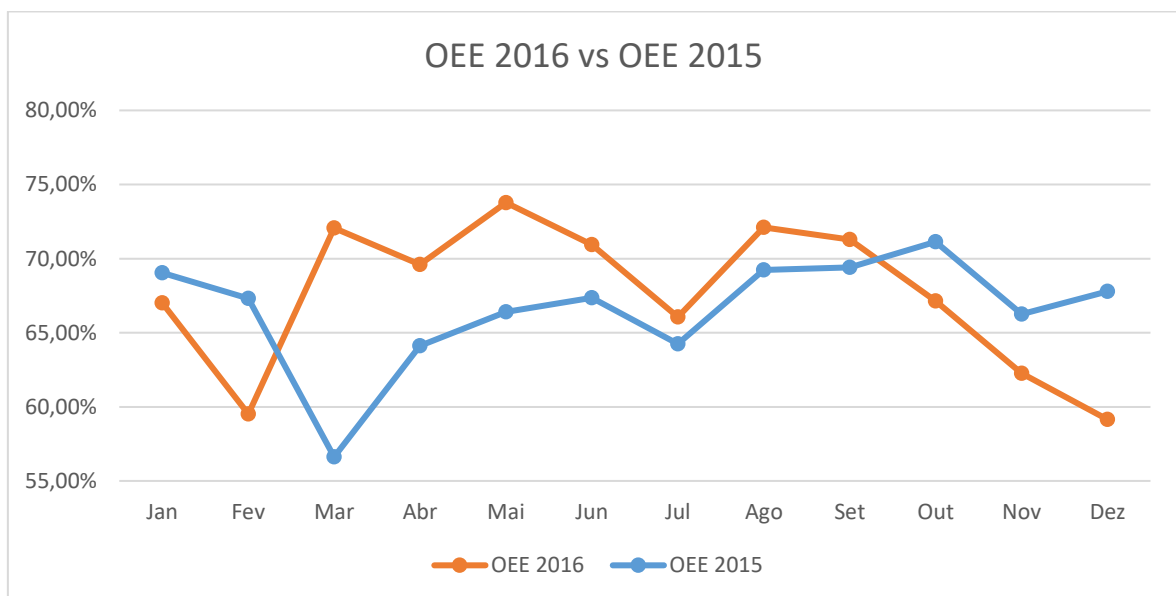


Figura 31 - Comparação de resultados do OEE dos anos de 2015 e 2016.

Comparando os resultados dos anos de 2015 e 2016 conclui-se que de uma forma geral, o ano de 2016 foi melhor que o ano de 2015. Apesar do OEE em alguns meses do ano de 2015 ser superior do que 2016, em média o ano de 2016 foi melhor.

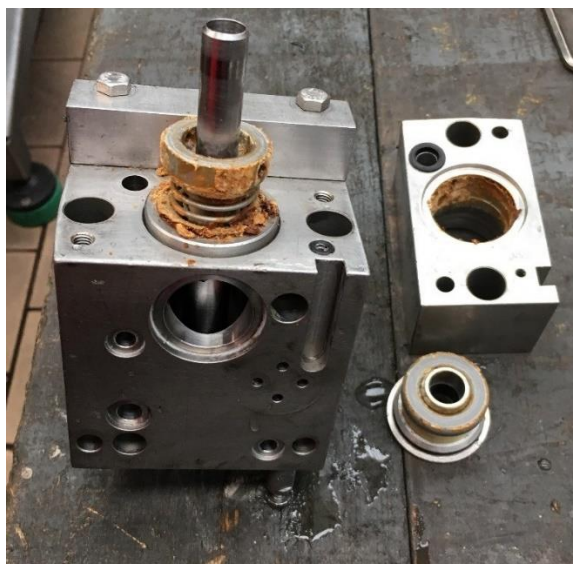
Após análise pormenorizada dos meses com menor OEE, conclui-se que o parâmetro que mais influencia negativamente o valor do OEE é a Disponibilidade Operacional. Analisando este parâmetro, existem alguns aspetos que merecem uma maior atenção como as paragens externas às linhas e as avarias superiores a 5 minutos (estes dois aspetos influenciam diretamente o valor do tempo operacional).

## 5.3 Proposta de Melhoria

Uma das maiores avarias presentes na enchedora é o entupimento das válvulas de enchimento. A enchedora tem cento e vinte válvulas de enchimento e, caso ocorra o entupimento de apenas uma, terá impacto imediato na sua Taxa de Desempenho (pois existe desperdício de produto) e, conseqüentemente, ter que se parar o equipamento para corrigir esta avaria, o que também irá influenciar a sua Disponibilidade Operacional.

Os trabalhadores da linha de enchimento deram conta desta avaria pois, quando as garrafas passavam pelo *Full Bottle Inspector (FBI)*, o nível do líquido estava ou acima ou abaixo do aceitável e a programação do próprio equipamento diz que ao fim de cem garrafas não aceites a enchedora para de funcionar.

Na fase final de enchimento, existe a descompressão final temporizada em que vai descomprimir a garrafa para a sua saída e, ao fazer isto, a válvula de enchimento aspira produto para a zona da mola, onde só deveria passar ar comprimido. Devido a este fenómeno, cria-se um resíduo que vai impossibilitar o funcionamento correto da mola e do veio, fazendo com que esta não funcione da maneira prevista. A Figura 32 ilustra o estado da válvula de enchimento entupida.



*Figura 32 - Válvula de enchimento entupida.*

Uma das propostas de melhoria feita por uma colega da Manutenção foi a colocação de um vedante em borracha para impossibilitar a passagem de produto para essa zona. Neste momento este equipamento encontra-se numa fase de implementação e à espera de resultados para saber se a proposta é viável ou não. A Figura 33 representa a modificação efetuada ao vedante de borracha, antes e depois da sua alteração.



*Figura 33 - Antes e depois da colocação do vedante.*

Após a análise das avarias e sua proposta de melhoria, fizeram-se várias simulações considerando uma melhoria de 2%, 5% e 10% nos tempos de avaria da enchedora no ano de 2016. Estes tempos de avaria ao serem reduzidos vão influenciar diretamente o tempo de operação e assim melhorar os parâmetros da Disponibilidade Operacional e Taxa de Desempenho. No caso da Taxa de Desempenho, o tempo de operação que se melhorou, foi utilizado para o cálculo do número de garrafas capazes de encher nesse período de tempo. A

Tabela 12 representa o impacto que as melhorias poderão eventualmente ter nos tempos de operação e no número de garrafas capazes de encher por hora tendo em consideração as simulações realizadas.

Tabela 12 - Impacto das melhorias nos tempos de operação.

Melhoria	2%												
Melhoria Tempo (horas)	0,69	0,68	0,22	0,53	0,57	0,61	0,98	0,77	0,61	0,62	0,54	0,49	7,32
Avarias	33,76	33,53	10,73	26,18	27,82	29,84	48,10	37,88	29,82	30,38	26,59	23,98	358,61
Tempo de Operação	348,42	157,00	319,64	278,37	500,82	471,84	527,47	550,67	462,76	226,65	270,43	187,36	4.301,42
hl/GFA	0,002766	0,002841	0,002848	0,002796	0,002714	0,002815	0,002725	0,002636	0,002831	0,002845	0,002788	0,002814	
GFA	16.120.805	7.330.548	15.078.604	13.515.993	24.330.134	22.351.966	24.090.514	26.155.363	21.813.763	10.731.466	11.464.904	7.881.736	
GFA/hr	46,360	46,896	47,207	48,648	48,636	47,433	45,757	47,564	47,201	47,477	42,481	42,178	
Melhoria	5%												
Melhoria Tempo (horas)	1,72	1,71	0,55	1,34	1,42	1,52	2,45	1,93	1,52	1,55	1,36	1,22	18,30
Avarias	32,73	32,51	10,40	25,38	26,96	28,93	46,63	36,72	28,91	29,45	25,78	23,24	347,64
Tempo de Operação	349,46	158,03	319,96	279,17	501,67	472,76	528,94	551,83	463,67	227,58	271,24	188,09	4.312,40
hl/GFA	0,002766	0,002841	0,002848	0,002796	0,002714	0,002815	0,002725	0,002636	0,002831	0,002845	0,002788	0,002814	
GFA	16.168.623	7.378.477	15.094.101	13.554.910	24.371.500	22.395.240	24.157.766	26.210.436	21.856.800	10.775.500	11.499.414	7.912.614	
GFA/hr	46,497	47,202	47,255	48,788	48,719	47,525	45,885	47,664	47,294	47,672	42,609	42,344	
Melhoria	10%												
Melhoria Tempo (horas)	3,45	3,42	1,10	2,67	2,84	3,05	4,91	3,87	3,04	3,10	2,71	2,45	36,59
Avarias	31,01	30,80	9,86	24,05	25,55	27,41	44,18	34,79	27,39	27,90	24,42	22,02	329,34
Tempo de Operação	351,18	159,74	320,51	280,51	503,09	474,28	531,39	553,77	465,19	229,13	272,60	189,31	4.330,69
hl/GFA	0,002766	0,002841	0,002848	0,002796	0,002714	0,002815	0,002725	0,002636	0,002831	0,002845	0,002788	0,002814	
GFA	16.248.319	7.458.357	15.119.929	13.619.770	24.440.445	22.467.364	24.269.854	26.302.224	21.928.529	10.848.888	11.556.931	7.964.078	
GFA/hr	46,726	47,713	47,336	49,021	48,856	47,678	46,098	47,831	47,449	47,997	42,822	42,619	

Na Figura 34 está representado o impacto das melhorias na disponibilidade operacional.

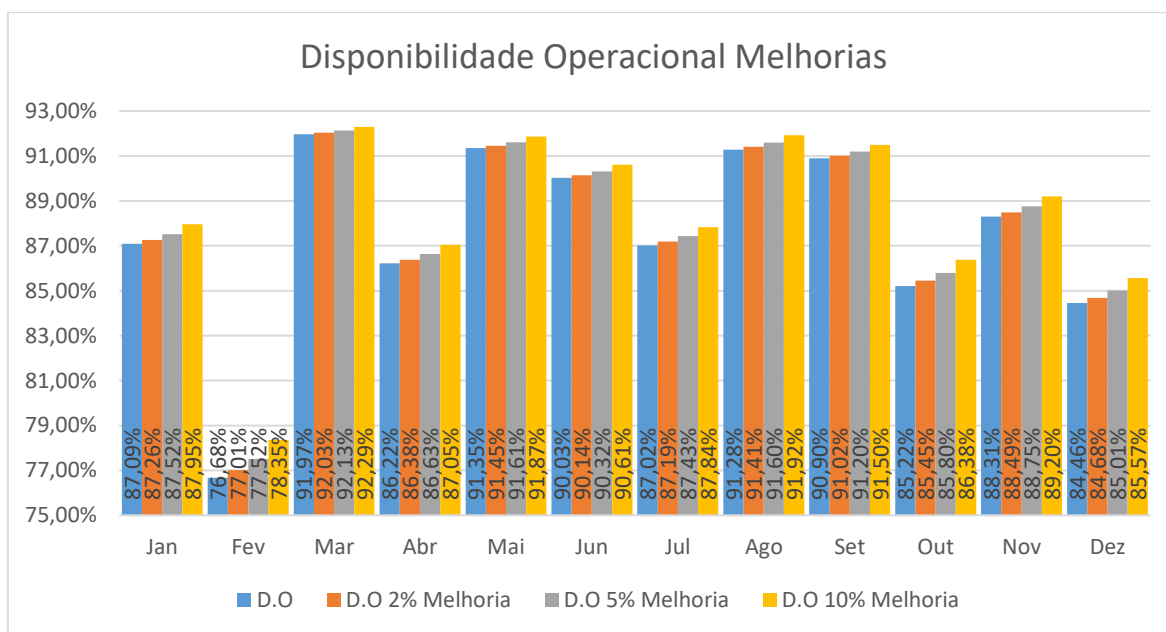


Figura 34 - Impacto das melhorias na Disponibilidade Operacional.

As Tabela 13, Tabela 14 e Tabela 15 representam a diferença percentual que as melhorias de 2%, 5% e 10% respectivamente, tiveram no OEE e seus parâmetros.

Tabela 13 - Diferença percentual da melhoria de 2% dos tempos de avaria.

Diferença Percentual												
2016 Melhoria 2%	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Taxa de Desempenho (Performance Efficiency)	0,15%	0,34%	0,05%	0,16%	0,09%	0,10%	0,14%	0,11%	0,10%	0,22%	0,14%	0,18%
Disponibilidade Operacional (Availability)	0,17%	0,34%	0,06%	0,17%	0,10%	0,12%	0,16%	0,13%	0,12%	0,23%	0,18%	0,22%
OEE 2% Melhoria	0,27%	0,52%	0,10%	0,27%	0,17%	0,18%	0,25%	0,20%	0,19%	0,37%	0,25%	0,31%

Tabela 14 - Diferença percentual da melhoria de 5% dos tempos de avaria.

Diferença Percentual												
2016 Melhoria 5%	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Taxa de Desempenho (Performance Efficiency)	0,38%	0,85%	0,13%	0,39%	0,23%	0,26%	0,35%	0,28%	0,26%	0,54%	0,36%	0,46%
Disponibilidade Operacional (Availability)	0,43%	0,84%	0,16%	0,41%	0,26%	0,29%	0,41%	0,32%	0,30%	0,58%	0,44%	0,55%
OEE 5% Melhoria	0,67%	1,31%	0,25%	0,67%	0,42%	0,46%	0,62%	0,51%	0,47%	0,92%	0,63%	0,78%

Tabela 15 - Diferença percentual da melhoria de 10% dos tempos de avaria.

Diferença Percentual												
2016 Melhoria 10%	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Taxa de Desempenho (Performance Efficiency)	0,76%	1,70%	0,27%	0,78%	0,46%	0,51%	0,71%	0,56%	0,52%	1,08%	0,71%	0,92%
Disponibilidade Operacional (Availability)	0,86%	1,68%	0,32%	0,83%	0,52%	0,58%	0,81%	0,64%	0,60%	1,17%	0,89%	1,11%
OEE 10% Melhoria	1,33%	2,63%	0,50%	1,34%	0,84%	0,92%	1,24%	1,02%	0,94%	1,85%	1,26%	1,56%

Analisando as tabelas acima pode-se concluir que a maior impacção destas melhorias foram nos meses de Fevereiro e Dezembro (meses com menor OEE). Caso as melhorias tenham um embate de 10% no tempo de avarias, o OEE do mês de Fevereiro irá melhor cerca de 2,63% e o mês de Dezembro cerca de 1,56%. A Figura 35 o impacto das melhorias no valor final do OEE.

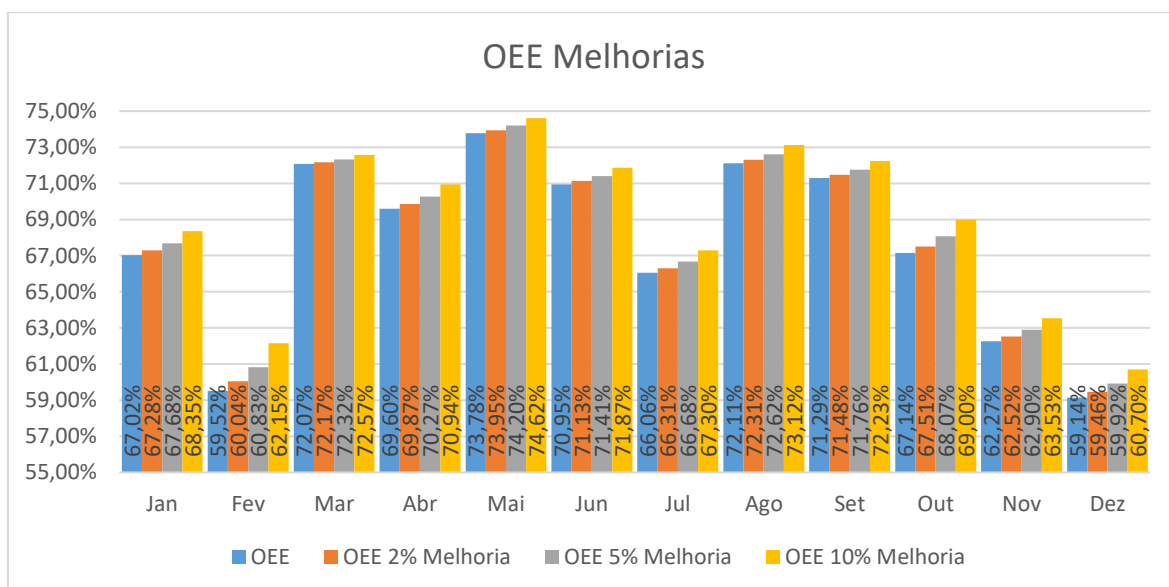


Figura 35 - Impacto das melhorias no OEE.

Com estas simulações de melhoria dos tempos de avaria da enchedora concluiu-se que o OEE poderá atingir valores na ordem dos 75% e subir a sua eficiência em quase 3% nos meses de menor valor de OEE.

Apesar de haver uma melhoria nos tempos de operação e possibilitar um maior enchimento de garrafas por hora, isto só irá acontecer se houver mercado para tal pois, não se irá produzir cerveja para não ser vendida. Com esta melhoria verifica-se que o equipamento tem capacidade para encher mais garrafas fruto do decréscimo dos tempos de avaria.

A Disponibilidade Operacional será o parâmetro a melhorar pois, apesar de em certos meses haver valores superiores a 90% (valor *standard* para atingir OEE de 85%), existem meses com valores na ordem dos 76% (Fevereiro).

# Capítulo 6 – Conclusões

O trabalho realizado na Sociedade Central de Cervejas consistiu no desenvolvimento de uma ferramenta associada à filosofia TPM, com o objetivo de analisar e melhorar o desempenho de equipamentos ligados à produção, para avaliação da sua eficiência global, OEE. O objeto de análise, na secção de Enchimento, foi a enchedora da linha de enchimento número um. A escolha deste equipamento deveu-se ao facto da sua criticidade ser bastante elevada para o processo produtivo.

Nesta sequência, foi efetuada a recolha de dados para a determinação dos índices relativos à Taxa de Desempenho, Disponibilidade Operacional e Taxa de Qualidade. Uma vez determinados todos os índices constituintes do indicador OEE, foi possível calcular o valor de OEE, tendo como referência um dado horizonte temporal.

Apesar do maior valor do OEE calculado (73%) ainda estar longe do objetivado (85%), assume-se que este valor é bastante positivo devido à criticidade do equipamento (sendo este o “*bottle neck*” da linha de enchimento) e aos valores normalmente encontrados na indústria (ordem dos 30% a 50%).

Em contrapartida, e de forma a melhorar o desempenho do equipamento, a prática de atividades de melhoria contínua (como objetiva a filosofia TPM) é fundamental para fazer subir esta eficiência. Desta forma, foi proposta uma melhoria para uma das avarias mais comuns da enchedora, encontrando-se esta numa fase de teste em que se aguardam os resultados para perceber se a proposta é eficaz e qual o impacto na diminuição de tempos de avaria do equipamento.

A organização em causa, por pertencer a uma multinacional, tem implementada a filosofia TPM na sua estrutura. O pilar da manutenção autónoma tem um papel importante na medida em que fomenta a constante análise e implementação de melhorias.

Para o futuro, um dos trabalhos a desenvolver será a recolha de dados com esta nova implementação na enchedora e voltar a calcular o OEE do equipamento. Com isto, será

possível calcular o OEE de todos os equipamentos da linha de enchimento e assim também se poder determinar uma fase posterior o *Overall Line Efficiency* (OLE).

# Referências Bibliográficas

Abreu, J., Martins, P., Fernandes, S. e Zacarias, M. (2013) 'Business Processes Improvement on Maintenance Management: A Case Study', *Procedia Technology*, 9, pp. 320–330. doi: 10.1016/j.protcy.2013.12.036.

Ahmed, T., Ali, S., Allama, M. e Parvez, M. (2010) 'A Total Productive Maintenance (TPM) Approach to Improve Production Efficiency and Development of Loss Structure in a Pharmaceutical Industry', *Global Journal of Management and Business Research GJM BR Classification FOR*, 10(2), pp. 186–190.

Ahuja, I. P. S. e Khamba, J. S. (2008) 'Total productive maintenance: literature review and directions', *International Journal of Quality & Reliability Management*, 25(7), pp. 709–756. doi: 10.1108/02656710810890890.

Arslankaya, S. e Atay, H. (2015) 'Maintenance Management and Lean Manufacturing Practices in a Firm Which Produces Dairy Products', *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 207, pp. 214–224. doi: 10.1016/j.sbspro.2015.10.090.

Barve, S., Birajdar, M.S., Bhongade A.S. e Chaudhari, H. (2004) 'Application of TPM to vertical boring machine', *Industrial Engineering Journal*, 33 NO. 7, pp. 22–27.

Brah, S. A. e Chong, W. (2004) 'Relationship between total productive maintenance and performance', 42(12), pp. 2383–2401. doi: 10.1080/00207540410001661418.

Briggs, D. E., Boulton, C., Brookes, P. e Steven, R. (2004) *Brewing: science and practice*, *Journal of the Science of Food and Agriculture*. doi: 10.1002/jsfa.2344.

Cabral, J. P. (2013). *Gestão da manutenção de equipamentos, instalações e edifícios* (3 ed.). (Lidel, Ed.) Lisboa.

Cabrita, C. M. P. (2003) 'TPM - Manutenção Produtiva Total. Teoria Métodos e Indicadores de Desempenho', *Universidade da Beira Interior (UBI), Departamento de Engenharia Electromecânica*.

Carrijo, J. R. S. e Lima, C. R. C. (2008) 'Disseminação Tpm - Manutenção Produtiva Total

Nas Industrias Brasileiras E No Mundo: Uma Abordagem Construtiva', *XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, p. 9.

Correia, P. I. (2013) 'Maintenance in tough economic times: The importance of maintenance management. Retrieved from Manwinwin: [www.manwinwin.com/EN/](http://www.manwinwin.com/EN/)

Correia, I. (2015) 'Maintenance in tough economic times : The importance of maintenance management', pp. 1–3.

Dal, B., Tugwell, P. e Greatbanks, R. (2000) 'Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement – A practical analysis', *International Journal of Operations & Production Management*, 20(12), pp. 1488–1502. doi: 10.1108/01443570010355750.

Das, D. (2001) 'TPM: a comprehensive tool for achieving excellence in operations system – a case study', *Industrial Engineering Journal*, 30 NO.10, pp. 15–23.

Fei, R., Mobley, R. K. e Wikoff, D. J. (2008) 'Maintenance Engineering Handbook', *Tissue engineering Part C Methods*, 7, p. 1244. doi: 10.1089/ten.TEA.2010.0565.

Ferrari, E., Pareschi, A., Regattieri, A. e Persona, A. (2002) 'TPM: situation and procedure for a soft introduction in Italian factories', *The TQM Magazine*, 14(6), pp. 350–358. doi: 10.1108/09544780210447456.

Fleischer, J., Weismann, U. e Niggenschmidt, S. (2006) 'Calculation and optimisation model for costs and effects of availability relevant service elements', *Proceedings of LCE*, (Figure 2), pp. 675–680. Available at: <http://www.mech.kuleuven.be/lce2006/154.pdf>.

Huang, S. H., Dismukes, J.P., Shi, J., Su, Q.I., Razzak, M. A., Bodhale, R. e Robinson, D.E. (2003) 'Manufacturing productivity improvement using effectiveness metrics and simulation analysis', *International Journal of Production Research*, 41(3), pp. 513–527. doi: 10.1080/0020754021000042391.

Jeon, J., Kim, C. e Lee, H. (2011) 'Measuring efficiency of total productive maintenance (TPM): a three-stage data envelopment analysis (DEA) approach', *Total Quality Management & Business*, 22(8), pp. 911–924. Available at: [http://libproxy.kut.ac.kr/ceb77fd/\\_Lib\\_Proxy\\_Url/www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14783363.2011.593865](http://libproxy.kut.ac.kr/ceb77fd/_Lib_Proxy_Url/www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14783363.2011.593865).

Jeong, K. e Phillips, D. (2001) 'Operational efficiency and effectiveness measurement', *International Journal of Operations & ...*, 21(2001), pp. 1404–1418. Available at: <http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=849373&show=abstract>.

Jonsson, P. e Lesshammar, M. (1999) 'Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems – the role of OEE', *International Journal of Operations & Production Management*, 19(1), pp. 55–78. doi: 10.1108/01443579910244223.

Konecny, P. A. e Thun, J. H. (2011) 'Do it separately or simultaneously - An empirical analysis of a conjoint implementation of TQM and TPM on plant performance', *International Journal of Production Economics*, 133(2), pp. 496–507. doi: 10.1016/j.ijpe.2010.12.009.

Kotze, D. (1993) 'Consistency, accuracy lead to maximum OEE benefits', *TPM Newsletter*, 4(2). doi: AITPM, Productivity Inc.

Semi, E. (1996) 'Semiconductor Manufacturing Productivity', *International Journal of Production Research*, Vol. 49 , Iss. 16

Ljungberg, Ö. (1998) 'Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities', *International Journal of Operations & Production Management*, 18(5), pp. 495–507. doi: 10.1108/01443579810206334.

MacKenzie, H. (2015) 'The Smart Factory of the Future – Part 1', *Belden.Com*. Available at: <http://www.belden.com/blog/industrialethernet/The-Smart-Factory-of-the-Future-Part-1.cfm>.

Márquez, A. C. (2007) 'The Maintenance Management Framework: Models and Methods for Complex Systems Maintenance', *The Maintenance Management Framework*, p. 333. doi: 10.1007/978-1-84628-821-0.

Menezes, F.M. (2015) 'O índice de rendimento operacional global e a troca rápida de ferramentas aliadas à eficiência de uma aplicadora de adesivos'. *ENEGEP*, v.2016, p. 1.

Montanuci, F. D., Ribani, M., Jorge, L.M.M. e Jorge, R.M.M. (2016) 'Effect of steeping time and temperature on malting process', *Journal of Food Process Engineering*. Wiley Online Library, 40(4). doi: 10.1111/jfpe.12519.

- Muchiri, P. e Pintelon, L. (2008) 'Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion', *International Journal of Production Research*, 46(13), pp. 3517–3535. doi: 10.1080/00207540601142645.
- Nakajima, S. (1988) 'Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)', *Cambridge : Productivity Press, Inc.* doi: [http://www.plant-maintenance.com/articles/tpm\\_intro.shtml](http://www.plant-maintenance.com/articles/tpm_intro.shtml).
- Park, K., e Han, S. (2001) 'TPM- Impact on competitiveness and a Framework for successful implementation. Human Factors and Ergonomic in Manufacturing', pp. 321–338.
- Pedro, J. e Rodrigues, A. (2009) 'Oee – a forma de medir a eficácia dos equipamentos', *Sites The Journal Of 20Th Century Contemporary French Studies*, pp. 1–15.
- Pereira, A. L. e Neves, F. L. (2011) 'Gestão da Manutenção', *Revista Qualidade Emergente*, 2011, v.2 n.1: 30-45.
- Pintelon, L. (2008) 'Maintenance : An Evolutionary Perspective', (January 2008). doi: 10.1007/978-1-84800-011-7.
- Pophaley, M. (2010) 'Revisiting OEE as an Assessment Methodology for TPM Activities: A Practical Analysis', *The IUP Journal of Operations Management*, IX(1 & 2), pp. 1–42.
- Quintas, A. C. (1998) "Definição de Uma Estratégia de Manutenção Com Vista À Melhoria de Rendimento Global Da Empresa." *Pilar Fundamental da competitividade empresarial: Livro de Comunicacções do 10º Congresso IberoAmericano de Manutenção*, (13-28).'
- Schwab, K. (2016) 'The Fourth Industrial Revolution', p. 7. doi: 10.17226/24699.
- Sharma, A. K., Shudhanshu e Awadhesh Bhardwaj (2012) 'Manufacturing Performance and Evolution of TPM', *International Journal of Engineering Science and Technology*, 4(3), pp. 854–86. doi: 10.1002/ad.640.
- Singh, R., Shah, D.B., Gohil, A.M. e Shah, M.H. (2013) 'Overall equipment effectiveness (OEE) calculation - Automation through hardware & software development', *Procedia Engineering*, 51, pp. 579–584. doi: 10.1016/j.proeng.2013.01.082.
- Sobral, J. (2015) 'Manutenção Produtiva e Gestão Lean', (*Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa*), (Capítulo 7), pp. 1–11.

*Soc. Central Cervejas* (no date). Available at: <http://www.centralcervejas.pt/pt.aspx> (Accessed: 11 July 2017).

*Software de gestão - software empresarial - SAP* (no date). Available at: <https://www.sap.com/portugal/index.html> (Accessed: 9 August 2017).

Suzuki, T. (1994) 'TPM in Process Industries', *New York: Productivity Press*, p. 391. Available at: <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=yFP5DCKG4MEC&pgis=1>.

Venkatesh, J. (2007) 'An Introduction to Total Productive Maintenance ( TPM )', *The plant maintenance resource center*, pp. 3–20.

Wang, F.K. e Lee, W. (2001) 'Learning Curve Analysis in TPM', *The International Journal of Management Science*, 29, pp. 491–9.

Wang, F. K. (2006) 'Evaluating the efficiency of implementing total productive maintenance', *Total Quality Management & Business Excellence*, 17(5), pp. 655–667. doi: 10.1080/14783360600588232.

Willmott, P. e McCarthy, D. (2001) 'TPM - A Route to World Class Performance: A Route to World Class Performance', *Woburn: Butterworth-Heinemann*, p. 264.

Wilson, L. (2010) 'How to Implement Lean Manufacturing', *McGraw-Hill*, p. 335. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.

Zuashkiani, A., Rahmandad, H. e Jardine, A. K. S. (2011) 'Mapping the dynamics of overall equipment effectiveness to enhance asset management practices', *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 17(1), pp. 74–92. doi: 10.1108/13552511111116268.