



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Análise e propostas de melhoria para o sector da manutenção de uma empresa de fabricação de vidro de embalagem

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

Autor

Nuno Miguel Bernardes Santos

Orientador[es]

Professor Doutor Cristóvão Silva

Engenheiro Carlos Martins

Júri

Presidente Professor Doutor Pedro Neto

Vogais Professor Doutor Luís Miguel Ferreira

Colaboração Institucional

 **Saint-Gobain
Mondego S.A.**

Coimbra, Setembro, 2014

“Success has a simple formula: do your best, and people may like it.”

Sam Ewing

Agradecimentos

Este espaço é dedicado aqueles que deram a sua contribuição para que esta dissertação fosse realizada. A todos eles deixo aqui o meu sincero agradecimento.

Ao meu orientador Professor Cristóvão Silva, pelo apoio e orientação disponibilizado na realização deste trabalho, conselhos, sugestões, discussões produtivas, disponibilidade e constante motivação.

Ao Engenheiro Carlos Martins, chefe de fabricação da Saint-Gobain Mondego S.A. e meu orientador na empresa, pela sua disponibilidade, paciência e dedicação durante toda a duração do estágio.

À minha família deixo um grande agradecimento pela ajuda e força que me deram ao longo destes anos.

A todos os meus amigos e colegas de curso, agradeço toda a amizade e apoio neste longo caminho.

Resumo

O presente trabalho foi desenvolvido na empresa Saint-Gobain Mondego S.A. e teve como objectivo a resolução de alguns problemas existentes, com o propósito de melhoria do processo produtivo.

A melhoria na gestão de equipamentos e moldes existentes em fábrica tem como objetivo evitar que se verifiquem faltas de equipamento que ponham em causa a produção de vidro, reduzindo as perdas de produção por falta destes. Através da criação de uma nova bancada para armazenamento do equipamento móvel e do estudo do nível de stock de moldes adequado à fabricação, assim como da possível implementação de um sistema digital para controlo em tempo real do consumo de moldes, permitindo otimizar a prioridade de reparação dos mesmos pela respectiva oficina.

Relativamente aos problemas existentes com as avarias de determinados componentes da máquina, foram estudadas as várias causas e soluções possíveis para minimizar as avarias.

Realizaram-se trabalhos com a finalidade de redução de custos operacionais, como a detecção de fugas de ar comprimido e a realização de trabalhos de acordo com a metodologia 5S, de modo a manter a organização e arrumação do local de trabalho, possibilitando assim que este se torne mais expedito, produtivo e seguro para os colaboradores.

A realização deste trabalho foi crucial para uma melhoria no processo produtivo da fábrica, permitindo assim, diante de um mercado cada vez mais competitivo, uma redução nos custos de produção e um aumento da produtividade.

Palavras-chave: Equipamentos, Moldes, Minimizar avarias, Custos operacionais, Processo produtivo, Aumento da produtividade.

Abstract

This work was developed in the company Saint-Gobain Mondego S.A. and aimed to solve some existing problems, to improve the production process.

Improving the management of existing equipment and molds in the factory to prevent the occurrence of equipment failures that jeopardize the production of glass, reducing production losses for lack thereof. By creating a new storage for the equipment used in the IS machines and study the level of stock suitable for the manufacture of molds, as well as the possible implementation of a digital system for real-time control the consumption of molds, allowing optimization of the priority repair thereof by the respective workshop.

The various causes and possible solutions were studied to minimize existing faults with certain components of the machine.

In order to reduce operating costs, some jobs as detecting air leaks and perform tasks in accordance with the 5S methodology were realized, in order to maintain organization and arrangement of the workplace, allowing this to become more responsive, productive and safe for employees.

This work was crucial to an improvement in the production process of the factory, thus allowing before an increasingly competitive market, a reduction in production costs and increased productivity.

Keywords Equipment, Molds, Minimize existing faults, Operating costs, Production process, Increased productivity.

Índice

Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiii
Acrónimos	xv
1. Introdução	1
1.1. Estrutura da Dissertação	1
2. Saint-Gobain Mondego S.A.	3
2.1. O Vidro	4
2.2. Fabricação do Vidro.....	5
2.3. Conformação do vidro	9
3. Avarias e manutenção de máquinas.....	17
3.1. Manutenção	17
3.2. Tipos de Manutenção	18
3.2.1. Manutenção Corretiva	18
3.2.2. Manutenção Preventiva	18
3.2.3. Manutenção de Melhoria	19
3.3. Avarias nas Máquinas IS	20
3.3.1. Atasco Tratamento a Quente e Mãos de Empurra	21
3.3.2. Enfornador e Roda de Transferência	25
3.3.3. Cilindro Cabeça de Sopro.....	26
3.3.4. Cilindro de Punção	26
3.3.5. Braço Extrator.....	27
3.4. Histórico das Reparações	27
4. Moldes	29
4.1. Reparação dos Moldes	29
4.1.1. Moldes de Boca	30
4.1.2. Moldes Principiar e Terminar.....	30
4.2. Reposição dos Moldes Reparados	31
4.3. Quantidade de Stock Moldes Junto às Máquinas	33
4.4. Implementação de um sistema Digital de Controlo de Stock	35
4.5. Simulação dos Cenários	38
4.5.1. Simulação do cenário existente	39
4.5.2. Simulação com a implementação do sistema da GlassSoft.....	40
5. Equipamento Móvel	43
5.1. Reposição do Equipamento Móvel	43
5.2. Stock existente junto às Máquinas	43
6. 5S	49
6.1. Trabalho realizado	50
7. Ar comprimido	53
7.1. Sistema da Fábrica	54
7.2. Detecção de Fugas	55
7.3. Identificação das Fugas.....	57

8. Conclusão	59
Referências Bibliográficas	61
Apêndice A	63
Gráficos e Tabelas referentes consumo de ar comprimido.....	63
Apêndice B	65
Contabilização das fugas de ar comprimido	65
Apêndice C	73
Gastos incorridos com a falta de moldes nas bancadas de reposição	73
Apêndice D	77
Constituição de uma Garrafa de Vidro	77
Apêndice E	79
Resultados da Simulação para o cenário existente	79
Resultados da Simulação com a implementação do Sistema GlassSoft.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico Temperatura de Transição Vitrea. ^[2]	4
Figura 2 – Fases do processo de produção. ^[7]	5
Figura 3 - Combustão no interior do forno. ^[13]	6
Figura 4 - Forno regenerativo de combustão final. ^[12]	8
Figura 5 - Forno regenerativo de combustão cruzada. ^[12]	8
Figura 6 - Esquema de formação da gota. ^[6]	9
Figura 7 - Máquina IS 11A e 11B. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)	10
Figura 8 - Braço de Transferência. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)	11
Figura 9 - Processo de conformação do vidro em Prensado/Soprado. ^[11]	11
Figura 10 - Processo de conformação do vidro em Soprado/Soprado. ^[11]	12
Figura 11 - Máquina de tratamento a quente. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego).....	13
Figura 12 - Máquina de inspeção Check+V6. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego).....	14
Figura 13 - Paletizador automático. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)	15
Figura 14 - Palete pronta para expedição. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego).....	15
Figura 15 -Gráfico tempo total de paragem de secção por avaria	20
Figura 16 - Gráfico tempo total de paragem de máquina por avaria	21
Figura 17 - Extração da garrafa. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)	22
Figura 18 - Gráfico das Toneladas de vidro perdidas devido a problemas com as mão de empurra.....	23
Figura 19 - Gráfico dos custos de produção e não venda do vidro perdido	23
Figura 20 - Gráfico das Toneladas de vidro perdido devido a atasco no tratamento a quente	24
Figura 21 - Gráfico dos custos de produção e de não venda do vidro.....	24
Figura 22 - Roda de transferência. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)	25
Figura 23 – Enfornador. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)	26

Figura 24 - Molde de boca. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)	30
Figura 25 - Molde terminar. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)	31
Figura 26 - Molde principiar. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)	31
Figura 27 – Grenalhadora. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)	32
Figura 28 - Planta das oficinas. ^[8]	33
Figura 29 - Esquema da arquitetura do sistema de controlo. (Fonte – GlassSoft, 2013)	36
Figura 30 - kg de vidro perdido devido à falta de moldes de reposição	37
Figura 31 - Custos incorridos devido à falta de moldes de reposição	38
Figura 32 - Gráfico com o número de ocorrências de falta de equipamento móvel para reposição.....	44
Figura 33 - Bancada projetada em <i>AutoCAD</i> ®	45
Figura 34 - Bancada pronta a utilizar. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)	46
Figura 35 - Gráfico com o número de ocorrências de falta de equipamento com a nova bancada	46
Figura 36 - Sinalização de rede de água de refrigeração. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego).....	50
Figura 37 - Sinalização da rede de gás natural. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)	50
Figura 38 - Pistola LOCATOR. ^[8]	56
Figura 39 - Etiqueta usada para a sinalização das fugas.....	57

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela com os valores médios do consumo moldes nas máquinas	34
Tabela 2 - Tabela com diferentes probabilidades de consumo de moldes	35
Tabela 3 - Perdas de ar comprimido em m ³ /min. ^[14]	53
Tabela 4 - Características dos compressores de baixa pressão em funcionamento. ^[8]	54
Tabela 5 - Características dos compressores de alta pressão em funcionamento. ^[8]	55

ACRÓNIMOS

ATT – Atasco tratamento a quente

BCS – Braço de cabeça de sopro (ou suporte)

BEM – Braço do Funil (ou suporte)

BEX – Braço Extrator (ou suporte)

BFP – Braço do fundo preparador (ou suporte)

BT – Braços de transferência

CH – Charneiras

CPI – Cilindro de pinças

CPZ – Cilindro de punção

CS – Cilindro cabeça soprado

EM – Enfornador

EXT – Extrator (mecanismo)

FP – Fundo preparador (mecanismo)

FT – Fundo terminar (mecanismo)

ME – Mãos de empurra (mecanismo)

MF – Mecanismo Feeder

PUL – Pulverizadores ou pulverização

RPZ – Refrigeração de punções

RT – Roda de transferência

SFT – Suporte fundo terminar

ST – Soprado terminador

TAL – Taladrina (falha)

TC – Tratamento a quente

TRH – Transferência horizontal (mecanismo)

TRP – Transportador (convoyeur)

TRV – Transferência vertical (mecanismo)

VAC – Vácuo

VFL – Verti-Flow

DEM – Departamento de Engenharia Mecânica

FCTUC – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

1. INTRODUÇÃO

Devido à conjuntura atual, e à grande competitividade existente entre empresas, assiste-se a uma redução das margens de lucro, obtida com o produto final. Torna-se assim, cada vez mais difícil encontrar uma unidade industrial que não esteja interessada na redução de custos e aumento da produtividade. Logo, existe uma grande preocupação com a melhoria contínua dos processos que permitam eliminar todo o desperdício, e converter toda a energia despendida pelos trabalhadores e máquinas em produtividade.

Foi deste ponto de partida, que se desenvolveu todo este trabalho realizado durante 8 meses na Saint-Gobain Mondego, na procura da eficiência produtiva.

Este estágio foi uma mais valia para a minha formação pois para além das atividades desenvolvidas foi-me possível, conhecer todas as etapas da fabricação de vidro de embalagem, desde o armazenamento das matérias primas, passando pela fusão do vidro e conformação das embalagens nas várias máquinas e através de diferentes processos até ao controlo de qualidade, armazenamento e expedição.

1.1. Estrutura da Dissertação

A dissertação está dividida em 8 capítulos, sendo que o primeiro se refere à introdução ao trabalho realizado.

O segundo capítulo é composto pela caracterização da empresa, bem como uma descrição do processo de fabricação do vidro, focando a fusão e a conformação.

No terceiro capítulo são referidos os principais equipamentos ou componentes em que ocorrem mais avarias nas máquinas IS (Individual Section), assim como algumas soluções possíveis para minorar estes problemas.

O quarto capítulo é dedicado aos moldes, onde é referido o processo de reparação destes, o modo de distribuição dos moldes pelas várias máquinas IS e é realizado um estudo com recurso ao SIMUL8 para verificar qual o nível de stock de moldes que deve existir junto às máquinas.

No capítulo cinco é apresentado o equipamento móvel e a quantidade existente em stock junto às máquinas.

O sexto capítulo apresenta os trabalhos 5S realizados ao longo do estágio.

O sétimo capítulo indica o ponto referente ao ar comprimido existente em fábrica, deteção de fugas e custos envolvidos nas mesmas.

No oitavo e último capítulos serão evidenciadas as principais conclusões retiradas da realização deste estágio e algumas sugestões para um trabalho futuro.

2. SAINT-GOBAIN MONDEGO S.A.

Aos 6 dias de Abril de 1987 a Saint-Gobain (multinacional francesa da indústria vidreira) adquire as instalações da Vidreira da Fontela, dando início à atividade a 12 de Outubro do mesmo ano.

Com esta compra o grupo Saint-Gobain S.A. pretendia tornar-se uma referência a nível nacional, na indústria de produção e comercialização de vidro de embalagem no mercado português, razão pela qual aumentou a sua capacidade, construindo um novo forno especialmente projetado para a produção de garrafas de vinho, e, em 1996 o forno que existia inicialmente na fábrica, foi substituído por um novo destinado à produção de vidro cor branca e âmbar.

Sendo uma empresa com grande responsabilidade ambiental, mudou em 1999 o processo de fusão que até à data era realizado através de Fuelóleo, para um sistema de combustão de gás natural.

Neste mesmo ano o Forno II sofre uma reconstrução e é ampliado para uma capacidade de 350 ton/dia sendo também instalada mais uma nova linha de produção com o intuito de aproveitar toda a capacidade do novo forno.

A 2 de Janeiro de 2002 a Vidreira do Mondego dá oficialmente lugar à Saint-Gobain Mondego, S.A.

Durante o ano de 2006 o Forno I é ampliado, tornando-se mais eficiente (Boucle que ainda hoje se encontra em funcionamento), com maior capacidade de produção o que leva também à remodelação de todas as linhas de produção associadas a este forno.

Em 2007 torna-se a primeira fábrica de vidro de embalagem a operar em Portugal a instalar um electrofiltro, permitindo reduzir as suas emissões de gases efeito estufa em cerca de 170ton/ano.

No ano seguinte também o Forno II é ampliado, sendo do mesmo tipo que o Forno I (Boucle) aumentando a sua capacidade de produção, sendo este o forno que ainda hoje se encontra em produção.

Com estes dois fornos a empresa tem uma produção de vidro entre os 650 e 750 ton/dia, operando 24h por dia durante 365 dias por ano.

A Saint-Gobain Mondego, S.A. mantém um Sistema de Gestão Integrado de acordo com o Regulamento EMAS e os requisitos das normas OHSAS 18001:1999 (certificação de sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho), NP EN ISO 9001:2000 e NP EN ISO 14001:2004 (certificação de sistema de gestão da qualidade), EN ISO 22000:2005 (certificação do sistema de gestão da segurança alimentar), sendo uma preocupação constante a melhoria contínua do sistema, tendo em consideração tanto as necessidades internas como as das partes interessadas. Possui também a certificação em Inovação de acordo com a norma 4457:2007.

2.1. O Vidro

O vidro pode ser definido como um produto inorgânico de fusão, arrefecido desde o estado fundido até um estado sólido, sem cristalização. É portanto, uma das características do vidro o facto deste ter uma estrutura amorfa ou não cristalina.

No seguinte gráfico é passível de se verificar as diferentes curvas de solidificação para um sólido cristalino (ABCD) e para um sólido não cristalino, como o vidro (ABEF). O líquido que dá origem ao vidro, torna-se mais viscoso à medida que a temperatura diminui, passando de um estado facilmente deformável, pastoso, para um estado rígido e frágil num estreito intervalo de temperaturas. Este ponto, no qual se dá a transformação da massa viscosa em vidro, dá-se o nome de temperatura de transição vítrea T_g .

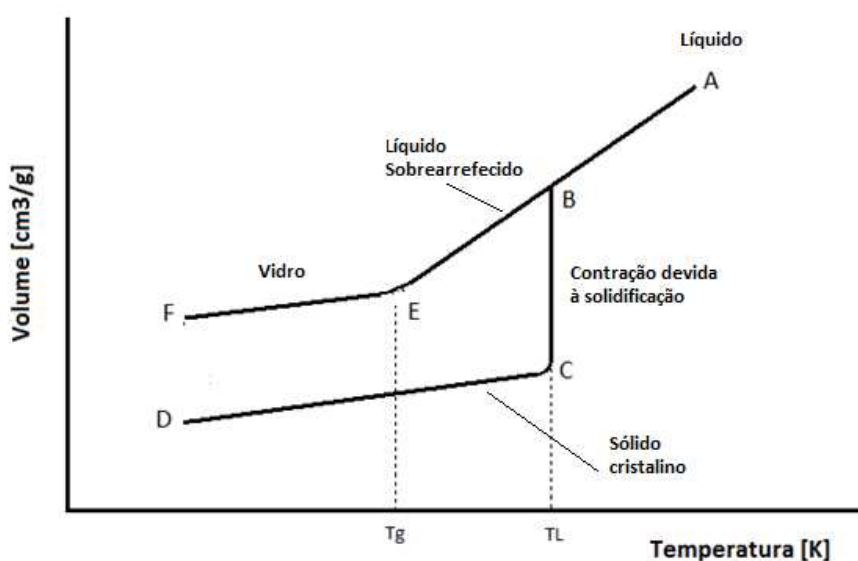


Figura 1 - Gráfico Temperatura de Transição Vítrea. ^[2]

A composição do vidro também é variável, dependendo esta da utilização que se pretende dar ao vidro em questão. No caso de embalagens, é utilizado o vidro sódico-cálcico, sendo este, de produção mais comum, representando 90% de todos os vidros produzidos.

Este vidro tem na sua composição: 71 a 73% SiO_2 , 12 a 14% Na_2O e 10 a 12% CaO . Estes dois últimos compostos, diminuem o ponto de amolecimento do vidro para facilitar a sua conformação. A este vidro também é comum a adição de 1 a 4% de MgO a fim de impedir a desvitrificação e 0,5 a 1,5% de Al_2O_3 para aumentar a durabilidade (William F. Smith, 1998).

2.2. Fabricação do Vidro

Todo o processo de fabricação do vidro, apresentado na Figura 2, começa com a chegada das matérias-primas às instalações que são depois descarregadas em silos de armazenagem:

Areias Feldspáticas e de Quartzo (SiO_2);

Carbonato de Sódio e Sulfato de Sódio (Na_2O);

Carbonato de Cálcio (CaO);

Dolomite (MgO);

Redutores – Carvão e Escória;

Vidro Reciclado (casco);



Figura 2 – Fases do processo de produção. [7]

São da responsabilidade do departamento de Fusão todas as fases do processamento desde a receção e armazenamento da mistura das matérias-primas até à obtenção do vidro fundido que se destina ao processo de conformação.

Através de telas transportadoras, as matérias-primas são deslocadas para silos mais pequenos que contêm um sistema automático de pesagem e dosagem, que obedece a uma composição específica previamente estabelecida para a fabricação de vidro. Esta composição é depois de homogeneizada, transportada para os fornos onde irá ocorrer o processo de fusão.

A fusão que ocorre dentro dos fornos, dá-se a temperaturas entre os 1300 e 1500°C, dependendo da composição do vidro. O forno é continuamente alimentado da mistura homogénea formada sendo esta “expelida” sob a forma de uma massa vítrea incandescente.

Antes de ser transformada no produto final, a massa vítrea tem de ser completamente homogénea e livre de bolhas. As bolhas de gás (dióxido de carbono) são muito prejudiciais ao produto final nomeadamente na sua aparência. Estas podem-se formar durante o processo de fusão oriundas da decomposição de materiais carbonatados.

Para a sua eliminação são utilizados certos compostos, denominados oxidantes dos quais o mais usado é o sulfato de sódio. Estes dissolvem-se na massa vítrea e ajudam a eliminar as bolhas, no entanto a homogeneização pode também ser melhorada com recurso a “borbulhadores” situados no fundo do forno que através de libertação de gases aumentam a circulação da mistura vítrea melhorando a transferência de calor.

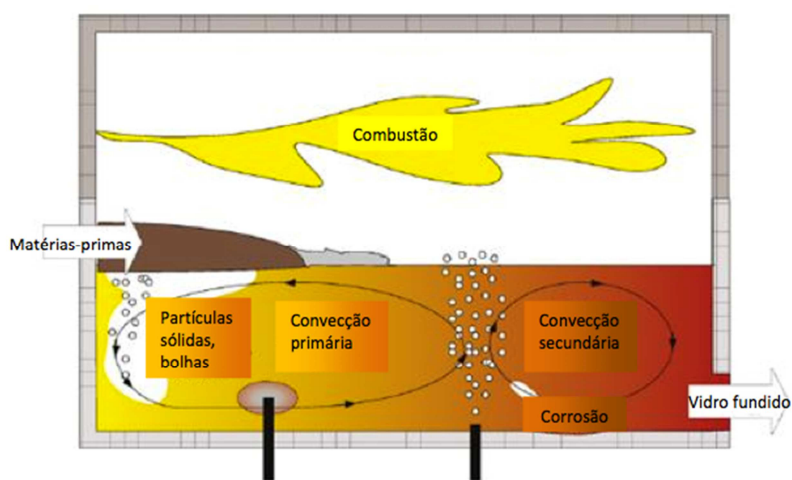


Figura 3 - Combustão no interior do forno. ^[13]

A Saint-Gobain Mondego S.A. produz vidro de 6 cores. No forno I são produzidas as cores branco, âmbar e azul, no forno II verde, canela e negro. A cor branca é conseguida através da descoloração com a ajuda do selénio, o âmbar é atingido através da adição de óxido de ferro (Fe_2O_3), o Cobalto (Co^{2+}) é o responsável pela cor azul, o verde através do crómio (Cr_2O_3) e a cor canela é conseguida através da mistura de crómio e óxido de ferro.

As mudanças de cor implicam uma paragem na produção entre 12 a 48 horas, até que o vidro se encontre nas condições desejadas para a produção de embalagens, com as características pretendidas, razão pela qual as mudanças de cor devem ser devidamente planeadas para que haja a menor quantidade de perdas possível.

Os fornos existentes para o fabrico de vidro têm uma capacidade de produção combinada na ordem dos 650/750 toneladas diárias de vidro, e têm uma vida útil de aproximadamente 10 a 12 anos. Estes são construídos com recurso a blocos de material refractário, estando contidos por uma estrutura de aço externa.

O combustível utilizado para o processo de combustão, foi durante muitos anos o Fuelóleo (combustível fóssil) que, no entanto, de forma a reduzir as emissões de óxido de enxofre e todos os custos daí associados é neste momento usado o gás natural como principal fonte de energia. Toda a rede de Fuelóleo ainda se encontra operacional, funcionando como sistema de socorro em caso de falta de gás natural.

Na indústria vidreira, os fornos recuperativos e regenerativos (combustão cruzada e combustão final) são os mais utilizados, sendo que em Portugal, dos 15 existentes para o fabrico de vidro de embalagem, apenas 2 são do tipo recuperativo.

Os fornos existentes na Saint-Gobain Mondego S.A. são do tipo regenerativo de combustão final ou de Boucle com 122m^2 , o seu funcionamento é idêntico a um forno de combustão cruzada, apresentando apenas como diferença o posicionamento das câmaras regenerativas que se encontram no topo do forno cada uma com apenas uma porta. Neste forno, a chama de combustão dá-se, por uma das portas, em forma de *U* retornando à porta adjacente onde passam os gases de exaustão.

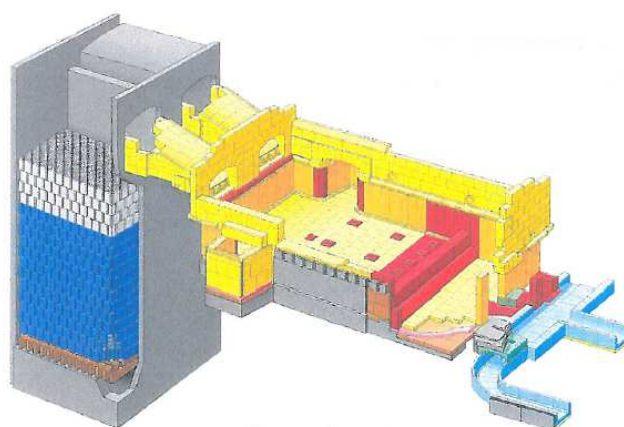


Figura 4 - Forno regenerativo de combustão final. ^[12]

Nos fornos de combustão cruzada as câmaras regenerativas encontram-se nas laterais do forno, o que faz com que a chama atravessasse a câmara de fusão, passando os gases de exaustão para as portas opostas.

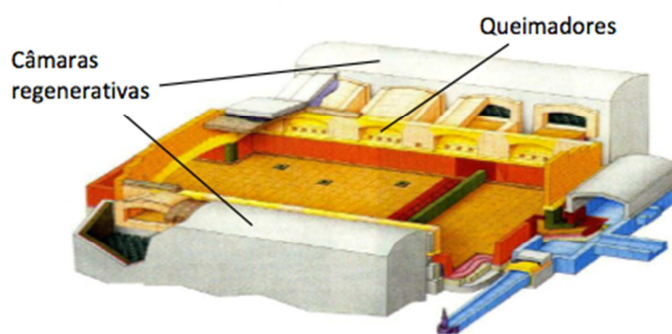


Figura 5 - Forno regenerativo de combustão cruzada. ^[12]

Os queimadores localizam-se por baixo, em cima ou dentro das portas de admissão/exaustão de gases. O calor dos gases de exaustão é aproveitado para o aquecimento prévio do ar antes da combustão, isto acontece com a passagem destes gases por uma das câmaras regenerativas construídas com material refratário. Os queimadores da porta por onde acabaram de passar os gases de exaustão são então ligados, ao passo que os queimadores na outra câmara são desligados (apenas um lado de cada vez se encontra ligado) servindo esta agora para a exaustão dos gases – combustão é revertida em intervalos de 20 minutos. Este sistema é de grande eficiência térmica.

Todas estas etapas são controladas pelos operadores de forno a partir da sala de fusão.

O vidro segue numa linha contínua, “fluindo” pelos Feeders até às máquinas, passando pela cubeta onde um sistema de punções de material refractário empurra o vidro através de um ou dois orifícios (simples gota ou dupla gota) sendo seguidamente cortado por um mecanismo de tesouras em Gotas. O peso, forma e temperatura das gotas são controlados com precisão para que se consiga as características desejadas para cada embalagem.

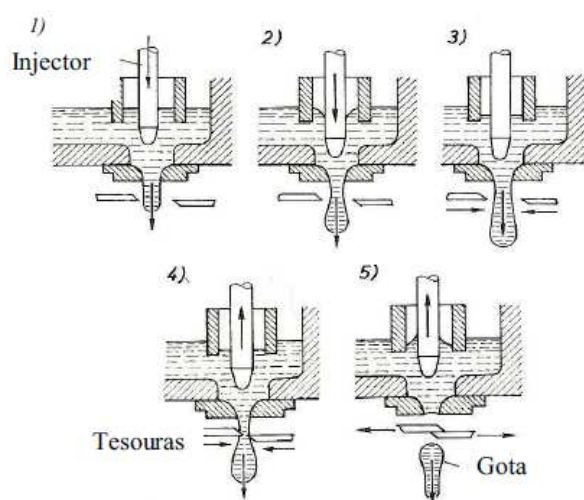


Figura 6 - Esquema de formação da gota. ^[6]

2.3. Conformação do vidro

A conformação da gota numa embalagem, dá-se nas máquinas IS. Dentro da nave fabril existem 10 máquinas IS de conformação do vidro, 5 por forno.

Existem máquinas de 10 e 8 secções, sendo todas elas de dupla gota, o que permite a fabricação de 2 garrafas por cada secção.

No forno 1 existem 2 máquinas tandem (11A/B e 13A/B que se encontram uma a seguir a outra) e uma máquina simples (12). No forno 2 existem 3 máquinas simples (21, 22, 23) e uma tandem (24A/B).

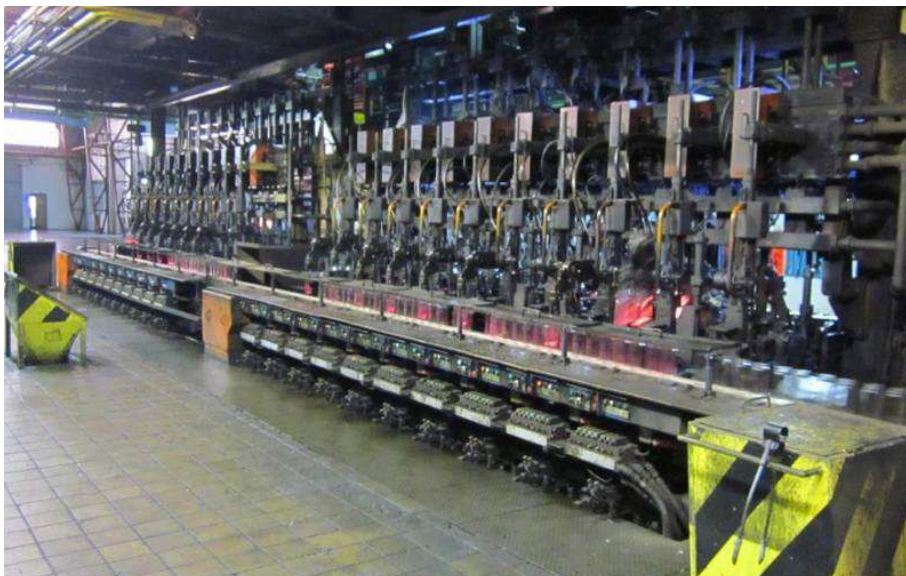


Figura 7 - Máquina IS 11A e 11B. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)

Existem dois processos de conformação do vidro: *prensado-soprado* e o *soprado-soprado*. Em ambos os processos, depois de cortadas, as gotas, são encaminhadas para as várias secções através do mecanismo distribuidor.

Em *prensado-soprado* a gota chega ao interior do molde de principiar (ou preparador) sendo depositada sobre um punção.

O punção, passa entre o molde de boca (responsável pela formação da boca) e prensa o vidro contra o fundo e as paredes do molde, obrigando o vidro a tomar a sua primeira forma. Apenas a boca fica completamente formada.

Recolhido o punção, a pré-forma ou “preparado”, como é referido em gíria vidreira, é transferido (pelos braços de transferência que fixam os moldes de boca) para os moldes de terminar (ou terminadores).



Figura 8 - Braço de Transferência. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)

Com os moldes de terminar fechados com o vidro no seu interior, as cabeças de sopro encostam no topo do molde e através da boca da embalagem é injetado ar comprimido no interior do pré-formato, obrigando-o a expandir-se contra as paredes do molde, tomando a sua forma final.

Finalmente dá-se a abertura dos moldes e um mecanismo de pinças transporta as garrafas para a placa de ventilação, onde estas são arrefecidas.

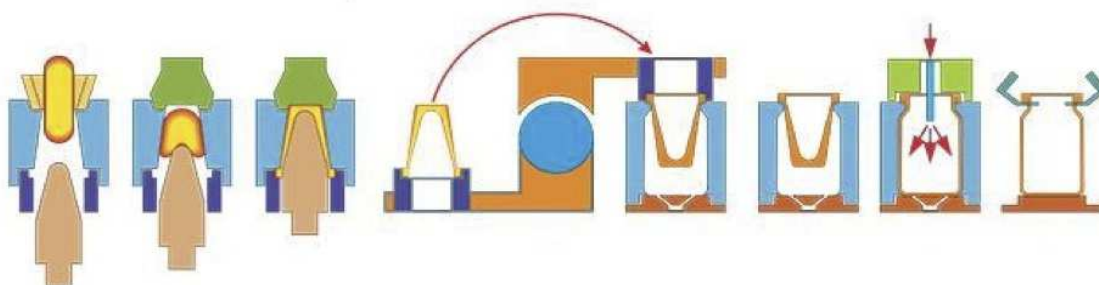


Figura 9 - Processo de conformação do vidro em Prensado/Soprado. ^[11]

Em *soprado-soprado* a gota chega ao interior do molde de principiar (ou preparador) sendo depositada sobre um punção mais pequeno do que o utilizado no outro processo, que se encontra em carga.

Seguidamente é injetado, do topo do molde, ar comprimido dentro do pré-molde para que se dê a conformação da boca da garrafa.

O punção que se encontra na parte inferior recolhe ligeiramente e dá-se o sopro principiar que irá comprimir o vidro contra as paredes do molde principiar, garantindo assim a pré-forma.

A pré-forma presa pela boca é transferido pelos braços de transferência para o molde terminador.

Com os moldes de terminar fechados com o vidro no seu interior, as cabeças de sopro encostam no topo do molde, e através da boca da embalagem, é injetado ar no interior do pré-formato, obrigando-o a expandir-se contra as paredes do molde, tomando a sua forma final.

O processo termina com a abertura dos moldes e um mecanismo de pinças transporta as garrafas para a placa de ventilação onde estas são arrefecidas.

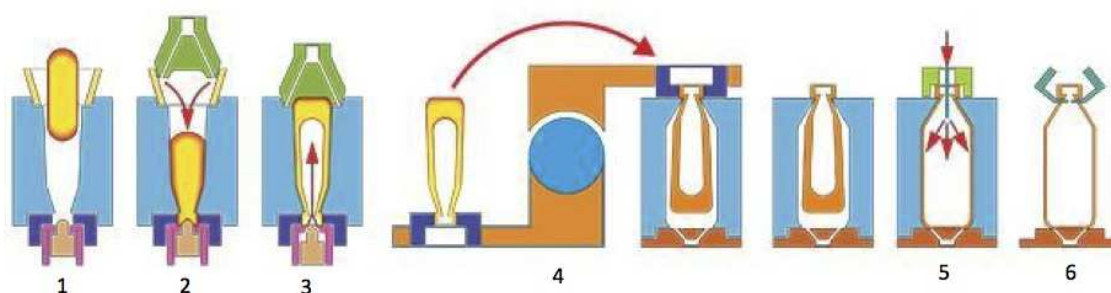


Figura 10 - Processo de conformação do vidro em Soprado/Soprado. ^[11]

Através do mecanismo de mão de empurra, as embalagens de vidro são colocadas na cinta transportadora, também denominada de convoyeur. O convoyeur transporta o vidro para a arca de recozimento, passando primeiro pela máquina de tratamento a quente.

As operações de conformação envolvem um arrefecimento rápido e por vezes irregular das embalagens, provocando o aparecimento de tensões que enfraquecem mecanicamente o vidro. Os tratamentos térmicos têm como objetivo a eliminação destas tensões internas.

O aparecimento destas tensões ocorre durante o arrefecimento rápido do vidro que devido à sua baixa condutividade térmica potencia a dissipação térmica a diferentes velocidades dependendo da massa do vidro. O que se verifica é que quanto mais espessas forem as paredes da embalagem em questão, mais rápido será o arrefecimento da superfície exterior

comparativamente ao interior. Isto, leva a que o exterior ganhe rigidez e contraia primeiro que o interior, que ainda se encontra no estado viscoso devido as elevadas temperaturas. Este gradiente térmico faz com que as zonas interiores estejam em compressão ao passo que o exterior se encontra num estado de tração, no entanto, verifica-se que no fim do arrefecimento, as zonas interiores ficarão em tração e as exteriores em compressão, um equilíbrio de tensões.

No mecanismo de tratamento a quente, o vidro é pulverizado com Tetra Cloreto de Estanho que tem como principal objetivo a homogeneização das irregularidades existentes no vidro, conferindo resistência superficial à embalagem.

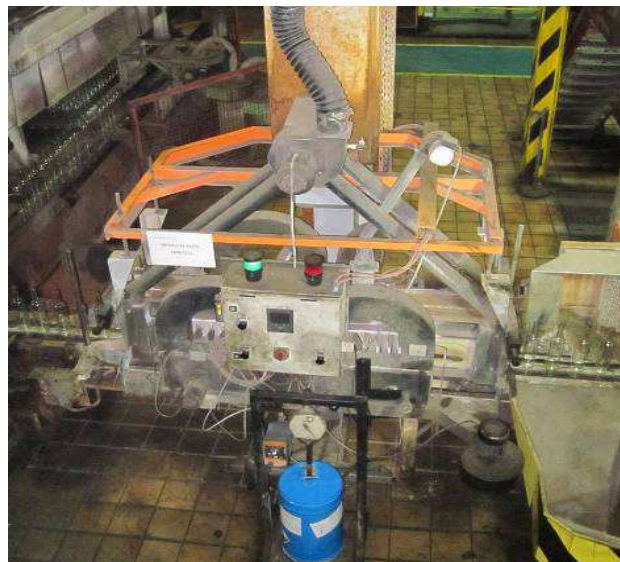


Figura 11 - Máquina de tratamento a quente. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)

As arcas de recozimento não são mais do que fornos contínuos, com comprimentos situados entre os 20 e 30 metros, equipados com um sistema de aquecimento a gás natural, reguláveis nas diferentes zonas de aquecimento da arca. O vidro, é então reaquecido até à temperatura de relaxamento de tensões ($\approx 550^{\circ}\text{C}$) durante um determinado intervalo de tempo (variável conforme as características da garrafa), seguindo-se um arrefecimento controlado pela recirculação de ar no final da arca, através de um sistema de ventiladores. Desta forma consegue-se eliminar as tensões internas, conferindo a resistência final característica do vidro.

No final da arca as garrafas são pulverizadas com um óleo alimentar que permite eliminar substancialmente a resistência ao atrito, impedindo assim que o vidro se risque.

Seguem-se as máquinas de controlo de qualidade.

A ejeção de embalagens defeituosas ocorre durante toda a linha de produção através de várias máquinas mas também das ações dos operadores. São realizadas inspeções de calibre (diâmetro da boca interior e exterior), planitude (se a boca esta plana assim como a estanquidade da garrafa), existência de fendas no vidro e a leitura do número do molde numa máquina denominada “Combi”. Noutra máquina, “AGR”, é realizada a inspeção da espessura do vidro no corpo da garrafa. Na “MCAL” é inspecionado o aspeto lateral, boca e o fundo da garrafa assim como as tensões existentes no vidro. Todo o material rejeitado por falha em qualquer uma das inspeções é reaproveitado para casco, voltando ao forno.



Figura 12 - Máquina de inspeção Check+V6. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)

No final de cada linha de produção encontram-se paletizadores automáticos que empilham o produto final em paletes, deixando-o pronto para ser armazenado e mais tarde enviado para o cliente.



Figura 13 - Paletizador automático. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)



Figura 14 - Palete pronta para expedição. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)

3. AVARIAS E MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS

Um dos trabalhos desenvolvidos no âmbito do estágio curricular, relacionado com o sector da manutenção, foi a realização de um levantamento dos principais problemas ocorridos nas Máquinas IS.

Interessava não só quantificar o número de ocorrências como também a sua duração uma vez que estas significariam paragens, i.e. , não produção, com custos diretos e indiretos associados.

3.1. Manutenção

De acordo com a Norma Europeia EN 13306 de Abril de 2001 [46], “manutenção é a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que possa cumprir a função requerida”, entendendo-se por bem “qualquer elemento, componente, aparelho, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que possa ser considerado individualmente”.

Segundo Cabral (2006), “A manutenção traduz-se, em termos práticos, pela realização das reparações e reacondicionamentos necessários para compensar a deterioração e os desgastes provocados pelo movimento relativo das peças, pela oxidação ou perda de função dos equipamentos, materiais ou seus elementos protetores, e pela tomada de decisões relativas aos necessários investimentos, seja para a sua reabilitação seja para assegurar a sua condenação ou substituição por novo ... a um custo global otimizado.”

Aspetos como menos paragens de produção, melhoria na segurança e a motivação dos trabalhadores para a preservação dos equipamentos têm estado no crescente aumento da importância da manutenção industrial.

A manutenção começa desde a fase de compra de determinado equipamento, na qual se estuda o melhor equipamento existente no Mercado para desenvolver as tarefas pré-determinadas. A manutenção atua também durante a fase de instalação do equipamento, e está sempre presente durante a sua vida útil.

O conjunto das ações destinadas a encontrar e situar o nível da manutenção num ponto de equilíbrio entre o benefício e o custo que maximize o contributo positivo da manutenção

para a rentabilidade geral da empresa, constitui a gestão da manutenção.

3.2. Tipos de Manutenção

Existem três grandes tipos de manutenção: (Cabral, 2006), a manutenção de melhoria que inclui as modificações ou alterações destinadas a melhorar as características do equipamento; manutenção preventiva, dirigida de forma a evitar a ocorrência de avaria; manutenção corretiva ou curativa que é apenas realizada após a ocorrência da avaria.

Sendo que uma Avaria é, de acordo com a Norma Europeia [46], “a cessação da aptidão de um bem para cumprir uma função requerida”.

A manutenção preventiva é classificada em sistemática, executada a intervalos de tempo preestabelecidos, e condicionada, baseada na vigilância do funcionamento do equipamento, permitindo assim avaliar qual o momento indicado para a realização dos trabalhos.

As modificações realizadas no equipamento com o intuito de melhorar o seu desempenho são apontadas como manutenção de melhoria.

3.2.1. Manutenção Corretiva

Na manutenção corretiva a carga de trabalho é irregular, os técnicos estão à espera que a avaria ocorra para depois intervirem, por este motivo as intervenções não são planeadas.

As intervenções feitas de forma corretiva são registadas no histórico do equipamento. Através deste é possível saber a causa da avaria e analisar se será mais vantajoso colocar este fator no plano da manutenção preventiva.

Este tipo de manutenção é aplicável quando os custos indiretos da avaria são mínimos, os incidentes não metem a segurança em risco, a empresa renova frequentemente os equipamentos ou então existem várias máquinas e a indisponibilidade de uma não interfere na produção.

3.2.2. Manutenção Preventiva

Na manutenção preventiva as intervenções são planeadas e programadas para que se executem antes da ocorrência da avaria.

Tem como função primordial, aumentar a fiabilidade de um equipamento, melhorar o planeamento e a programação das intervenções, gerir o stock de consumíveis e regularizar a carga de trabalho.

Deve ser sempre vista como uma forma complementar da manutenção corretiva e vice-versa.

3.2.2.1. Manutenção Preventiva Sistemática

Segundo a Norma Europeia [46] “Manutenção sistemática é a manutenção preventiva executada a intervalos de tempo preestabelecidos ou segundo um número definido de unidades de funcionamento, sem controlo prévio do estado do bem”. Estes intervalos são inicialmente fornecidos pelo construtor do equipamento, podendo posteriormente serem alterados de acordo com os dados históricos das intervenções de manutenção, e podem ser medidos em horas, quilómetros percorridos, unidades produzidas etc...

Normalmente este tipo de manutenção é aplicado em equipamentos com custos de avaria elevados e que em caso de avaria, a paragem seja de longa duração.

3.2.2.2. Manutenção Preventiva Condicionada

“Manutenção condicionada é a manutenção preventiva baseada na vigilância do funcionamento do bem e/ou dos parâmetros significativos desse funcionamento, integrando as ações daí decorrentes” (Norma Europeia [46]).

As técnicas passíveis de utilizar dependem dos componentes que se pretendem controlar. Além dos componentes a controlar também é importante ter o conhecimento de qual a avaria que se pretende defender.

Os trabalhos são desencadeados por: um diagnóstico de aproximação de uma avaria, através de técnicas de manutenção condicionada (análise de vibrações, análise de tendências, termografia) ou por uma avaliação do estado do equipamento (ruído, folgas visíveis, rendimento, parâmetros de funcionamento).

3.2.3. Manutenção de Melhoria

A manutenção de melhoria é aplicada quando há necessidade de ajustar o equipamento a uma situação em particular ou quando se chega à conclusão que se houver uma

modificação ou alteração tornará o equipamento mais capaz no cumprimento das suas funções.

3.3. Avarias nas Máquinas IS

Da lista de todas as avarias já verificadas em máquina foi feita uma análise tendo em conta as que mais paragens causavam, dividindo-as entre avarias que causavam uma paragem de toda a máquina ou apenas de uma secção.

O estudo foi realizado durante o período de um ano (Março de 2012 até Março de 2013) para todas as 10 máquinas existentes na fábrica.

No gráfico que se segue pode-se observar o somatório dos tempos de paragem para cada avaria que tem como consequência a paragem de uma secção das máquinas.

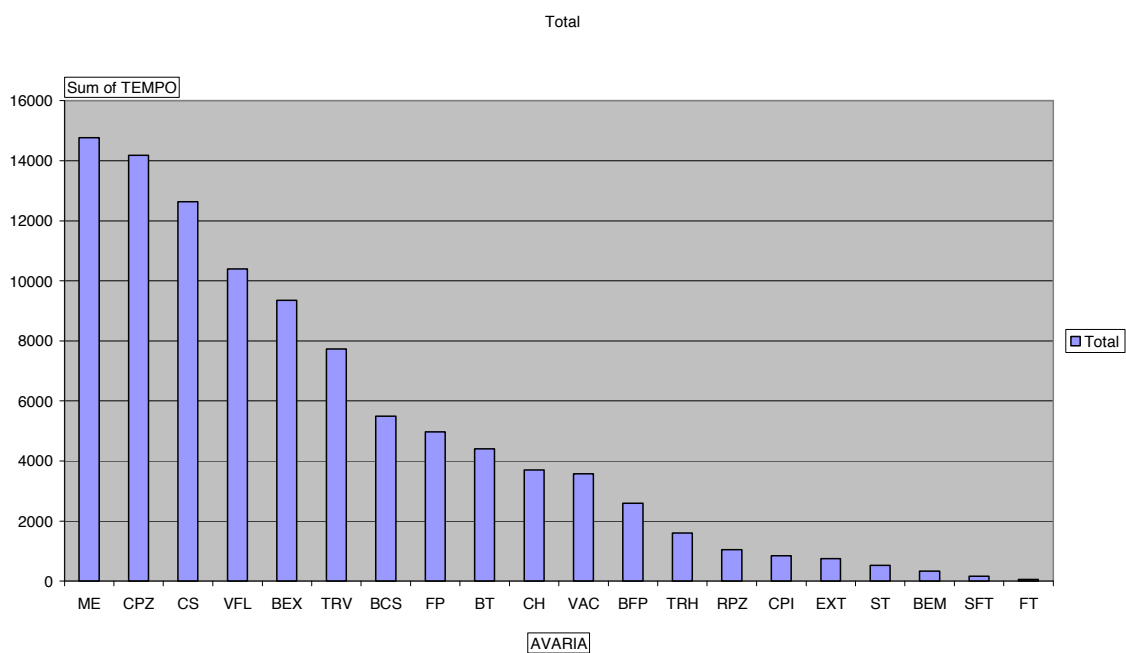


Figura 15 -Gráfico tempo total de paragem de secção por avaria

Como se pode observar as avarias que levaram a mais tempo de paragem surgiram devido a problemas existentes em: Mãos de empurra (14760 minutos), Cilindro de Punção (14180 minutos), Cabeças de Sopro (12635 minutos), Verti-Flow (10390 minutos) e Braços de Transferência (9347 minutos).

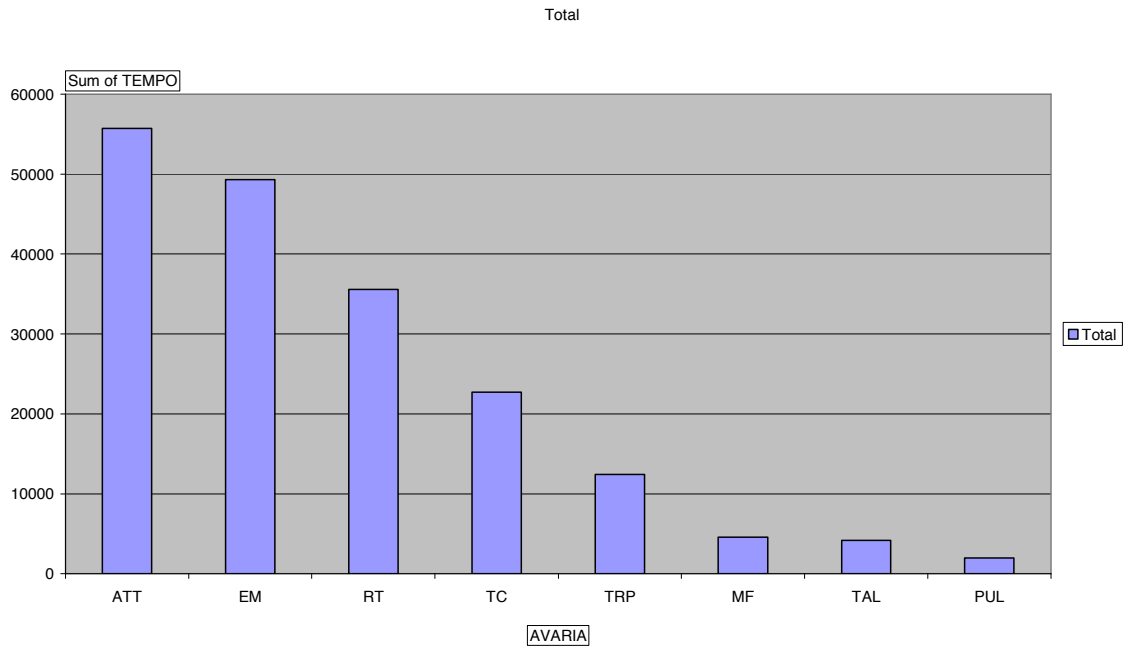


Figura 16 - Gráfico tempo total de paragem de máquina por avaria

Pode-se observar no gráfico anterior quais os principais problemas que causam a paragem de toda a máquina, sendo estes: Atasco Tratamento a Quente (55740 minutos), problemas no Enfornador (49315 minutos) e problemas com a Roda de Transferência (35576 minutos).

Tendo em conta que são estes os problemas que mais levam à não produção e consequentemente à perda de lucro para a empresa, são nestes que nos vamos focar mais neste capítulo.

3.3.1. Atasco Tratamento a Quente e Mãos de Empurra

Um dos problemas mais graves prende-se com a acumulação de garrafas no túnel do mecanismo de Tratamento a Quente. Normalmente este problema está associado a um mau alinhamento das garrafas no convoyeur, provocado pelo mau posicionamento das embalagens pelas mãos de empurra. Este problema poderia ser corrigido com um sistema de guias mais eficiente que manteria as embalagens na trajetória ideal.

No entanto esta solução requeria a existência de contacto com o vidro antes de este sofrer os tratamentos que lhe conferem rigidez, podendo danificar o vidro.

Outra solução que ajudaria a eliminar este problema seria relativa às mãos de empurra. Os problemas derivados deste mecanismo prendem-se com o facto de todas as máquinas à exceção das 11 e 24 trabalharem com mãos de empurra a ar comprimido. Estas com o passar do tempo vão sofrendo desgaste dando origem ao aparecimento de folgas nas junções e vedantes ressequidos que se tornam incapazes de vedar corretamente o ar no seu circuito, existindo perdas de pressão que levam ao seu mau funcionamento.

As máquinas 11 e 24 já se encontram equipadas com mãos servo-eletrónicas, que se revelam mais fiáveis.



Figura 17 - Extração da garrafa. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)

Se acrescentarmos o facto de este novo equipamento para além de minimizar os problemas existentes com as mãos de empurra e com o mecanismo de tratamento a quente poder também melhorar a segurança para os seus operários, uma vez que apenas uma secção é parada para que se possa efetuar a reparação ou substituição da mão, continuando as restantes secções em funcionamento, podemos ter aqui um investimento sobre o qual vale a pena refletir.

Posto isto foi realizado o estudo tendo em consideração a quantidade de vidro perdida devido a problemas com as mãos de empurra, quantificando-se assim o custo incorrido

com a produção deste vidro que não é aproveitado, assim como o valor da receita não gerada pela venda deste vidro.

A quantidade de vidro “perdida” é dada por:

$$\text{Tempo máq. parada} \times \text{velocidade máq.} \times \text{peso embalagem} \quad (3.1)$$

Todos estes valores foram obtidos a partir das folhas diárias de produção no dia em que se verificava a “avaria”.

Foi assim possível reunir dados que permitiram chegar aos seguintes gráficos.

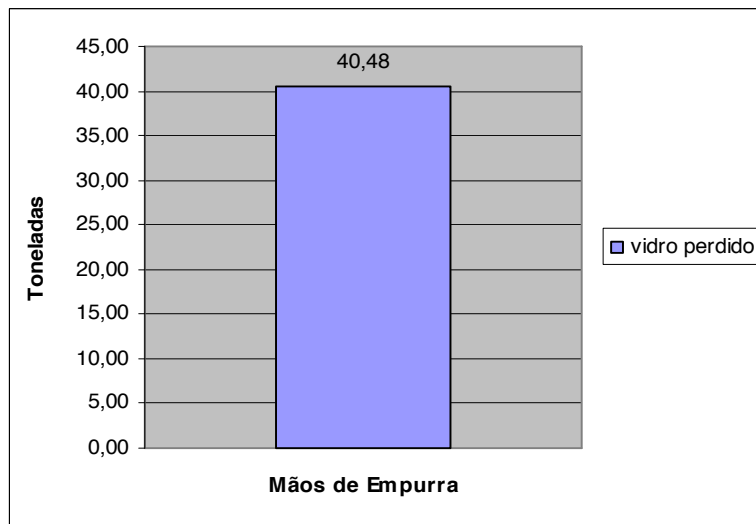


Figura 18 - Gráfico das Toneladas de vidro perdidas devido a problemas com as mão de empurra

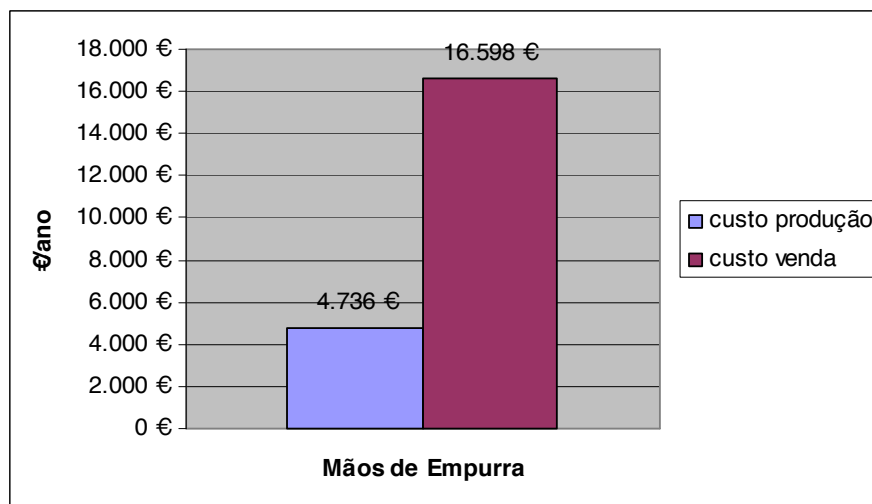


Figura 19 - Gráfico dos custos de produção e não venda do vidro perdido

Desde Março de 2012 a Março de 2013 o valor total “perdido” pela empresa devido a problemas diretamente relacionados com as mãos de empurra foi de 21334€

No entanto e como referido anteriormente algumas das ocorrências que provocam atascos no sistema de tratamento a quente provêm de uma má colocação das embalagens no convoyeur por parte das mãos de empurra. Considerou-se que cerca de 20% do vidro perdido em máquina por (ATT) deve-se às mãos de empurra, então ao valor anterior acrescenta:

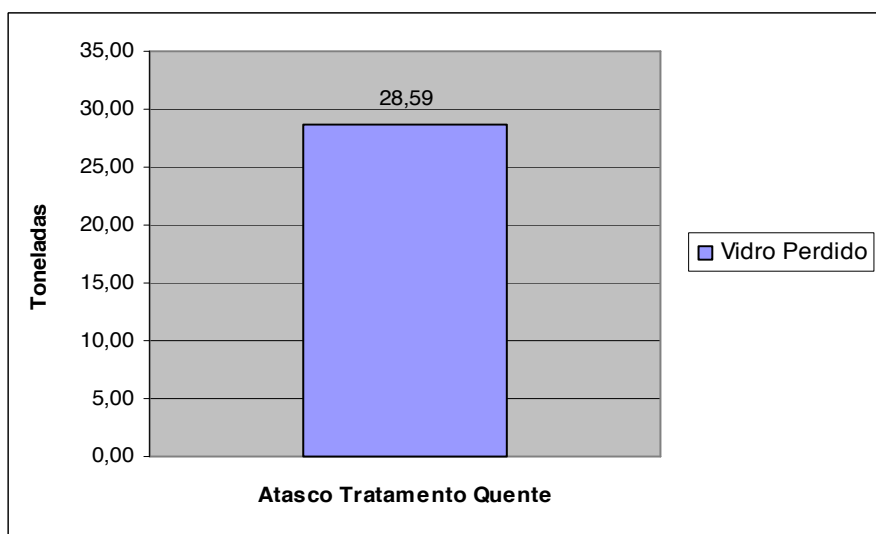


Figura 20 - Gráfico das Toneladas de vidro perdido devido a atasco no tratamento a quente

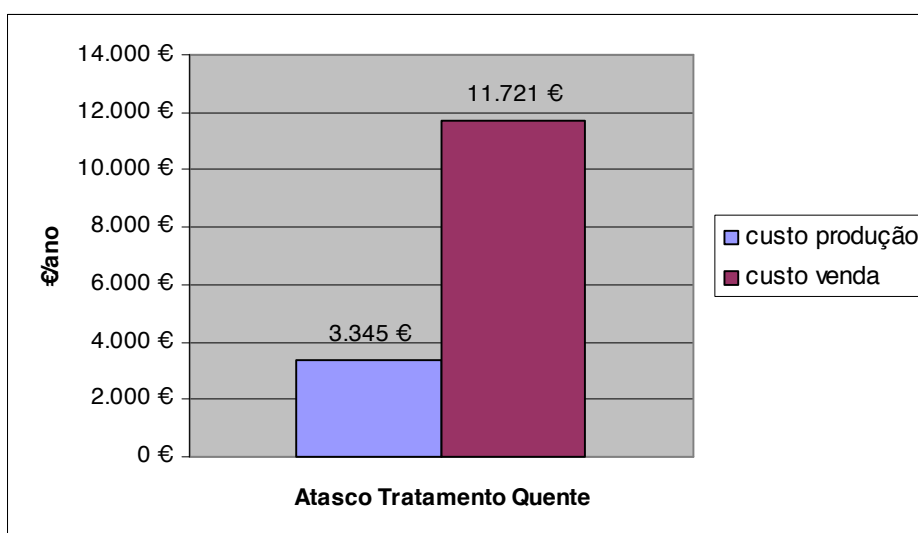


Figura 21 - Gráfico dos custos de produção e de não venda do vidro

Temos portanto um valor anual estimado de 36400€

3.3.2. Enfornador e Roda de Transferência

O Roda de transferência é o mecanismo responsável por transferir as embalagens do convoyeur que passa em frente à máquina para outro que se encontra perpendicular a este e paralelo à arca de recozimento.



Figura 22 - Roda de transferência. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)

O Enfornador é um braço robótico que coloca as embalagens no interior da arca e os problemas que se verificam com este mecanismo são devidos a uma má sincronização da velocidade destes com a do convoyeur. Normalmente estes problemas ocorrem no início de uma nova fabricação, quando se estão a afinar as máquinas.



Figura 23 – Enfornador. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)

3.3.3. Cilindro Cabeça de Sopros

Este mecanismo é responsável pelo movimento da cabeça de sopros, desde a posição inicial até aos moldes onde vai injetar o ar que dará forma à embalagem. Os problemas verificam-se principalmente nas máquinas do forno 2, (onde as velocidades de funcionamento são mais altas do que as existentes no forno 1) para as quais as peças não foram devidamente preparadas causando problemas com o amortecimento. Para este mecanismo foram criadas uma base de fixação em aço e foi adicionada mais uma válvula de escape, estas alterações permitiram aumentar o seu “tempo de vida” – Manutenção de melhoria.

3.3.4. Cilindro de Punção

No mecanismo de Cilindro do Punção, responsável pela subida e descida do punção encarregue de dar a forma inicial à embalagem (lado principiar), os principais problemas prendem-se com segmentos partidos e folgas nos casquilhos que permitem perdas de pressão, impedindo que o cilindro vá até ao fim do seu curso. Isto traduz-se numa má formação da garrafa.

Acontece principalmente quando se trabalha em prensado/soprado devido a um maior esforço de subida do punção em resultado do contacto direto do punção com o vidro, intrínseco a este processo, tal como já foi descrito anteriormente. Assim o posicionamento do êmbolo no ponto superior tem de ser preciso uma vez que o volume ocupado pelo punção juntamente com o volume do vidro tem de ser igual ao volume disponível no

molde principiar. Ao passo que em soprado/soprado, uma vez que já não existe este contacto, este problema não ocorre com tanta frequência.

Não compensa haver um acompanhamento do estado da peça, pois normalmente existe sempre uma peça reparada para substituição – Manutenção corretiva.

3.3.5. Braço Extrator

O Braço Extrator é o mecanismo que transporta as embalagens dos moldes terminar para a placa de ventilação, o único problema presente é o rebentamento da correia devido aos movimentos bruscos executados pelo mecanismo (movimento de 180°), tornando impossível o acompanhamento do seu desgaste como acontece com as correias dos automóveis. Também neste caso há sempre uma peça de substituição junto a cada máquina – Manutenção corretiva.

3.4. Histórico das Reparações

Todos os equipamentos consumíveis presentes em fábrica são apenas alvo de manutenção corretiva, sendo esta da responsabilidade dos mecânicos da oficina de máquinas. Até à data era mantido um histórico de todas estas reparações em papel, o que tornava bastante difícil uma consulta posterior.

Equipamentos como o cilindro de pinças, mãos de empurra, braço extrator, braços de transferência, charneiras, cilindro de punção, caixas de vácuo entre muitos outros passam agora a contar com um histórico fiável das várias reparações feitas ao longo do tempo com uma descrição detalhada sobre a reparação realizada. Para isso foi criada uma base de dados com recurso ao software *Microsoft Access*[®].

No final de cada reparação, o mecânico responsável dirige-se ao computador existente na oficina e preenche a folha de reparação do equipamento.

O facto de estar em formato digital possibilita uma consulta facilitada de todas as reparações realizadas por um mecânico a uma determinada peça durante um dado mês, sabendo o que foi feito em cada reparação.

4. MOLDES

Na Saint-Gobain Mondego S.A., existem moldes para fabricar mais de 200 séries distintas, podendo os moldes ser divididos em quatro tipos diferentes: cervejas, vinhos, sumos e boca larga.

Existem diferenças entre moldes de prensado/soprado e soprado/soprado, os fundos terminadores são também de diferentes formas caso sejam moldes de dupla gota ou de simples gota uma vez que estes últimos requerem uma velocidade de conformação das embalagens mais lenta, pois estas são normalmente de maior dimensão ou com formas mais complexas.

Para a conformação de uma embalagem de vidro são necessários moldes de boca, moldes terminar e moldes principiar, tendo cada série em média 70, 28 e 32 unidades respetivamente, podendo os moldes de terminar ter mais de 50cm de altura e pesar cerca de 60kg.

Os moldes são construídos em ferro fundido ou bronze. Os de bronze têm um custo mais elevado, no entanto consegue-se uma fabricação mais rápida e uma durabilidade muito superior em relação aos de ferro fundido. Em média uma série de moldes de bronze tem capacidade para produzir entre 38 a 40 milhões de unidades ao passo que os de ferro fundido nunca excedem os 15 milhões de unidades.

4.1. Reparação dos Moldes

A reparação de moldes é realizada por sete homens durante a semana (3 para os moldes de boca que laboram das 8h às 17h e quatro para os moldes principiar e terminar, laborando dois no turno da manhã, das 5h às 13h, e dois no turno da tarde, das 13h às 21h). Os mecânicos dos moldes terminar e principiar também laboram ao fim de semana nos mesmos turnos.

Estes operários encarregam-se das reparações de todos os moldes que se encontram em fabricação durante o dia de trabalho, sendo que outras séries que não estejam em fabricação são reparadas por empresas subcontratadas.

4.1.1. Moldes de Boca

Os passos realizados para a reparação de um molde de boca são os seguintes:

- 1º - Preenchem-se com solda as arestas que se encontram danificadas, através de soldadura de projeção com ligas micro pulverizadas (cromoníquel).
- 2º - Com a lima é retirado o excesso de solda que fica na parte de cima da aresta;
- 3º - Juntam-se as metades verificando se estão justas e calibradas;
- 4º - Com o molde fechado é retirado o excesso de solda que fica no interior;
- 5º - O processo termina com o polimento de toda a zona reparada.

Este processo pode demorar entre 10 a 30min, dependendo do estado do molde.



Figura 24 - Molde de boca. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)

4.1.2. Moldes Principiar e Terminar

O tempo de reparação destes moldes é muito variável, dependendo não só do tamanho dos moldes, do tipo de molde (Principiar ou Terminar), e do tipo de fabricação a que se destina (Prensado/Soprado ou Soprado/Soprado).

O processo de reparação é semelhante ao realizado nos moldes de boca:

- 1º - Todos os orifícios que servem para o escape do ar são soprados com o objetivo de detetar entupimentos, caso estejam entupidos, estes são novamente perfurados com a ajuda de uma broca de pequenas dimensões;
- 2º - Preenchem-se com solda as arestas nas zonas danificadas;
- 3º - Com a lima é retirado o excesso de solda que fica na parte de cima da aresta;

4º - Caso o molde tenha rasgos no seu interior (na zona onde é conformada a garrafa), estes têm de ser reparados. Se estes forem de grandes dimensões, a zona em causa deve ser preenchida com solda, preenchendo os espaços. Se forem rasgos pequenos com a ajuda de um punção e com leves pancadas sobre a zona consegue-se corrigir o problema. No final a área trabalhada é polida.

5º - O molde é fechado e apertado com uma cinta, sendo depois ajustado (as duas metades são alinhadas);

6º - Com o molde fechado é retirada todo o excesso de solda que fica no interior;

7º - O molde é colocado numa máquina de polimento caso seja molde terminar, se for um molde de principiar tem de ser polido “à mão”;

8º - O fundo dos moldes também sofrem desgaste, nestes casos as arestas são preenchidas com solda para correção sendo depois encaminhadas para o torno mecânico onde lhe é dado o acabamento final.

A reparação destes moldes pode demorar entre 15 a 45min dependendo do estado dos mesmos.



Figura 25 - Molde terminar. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)



Figura 26 - Molde principiar. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)

4.2. Reposição dos Moldes Reparados

A reposição dos moldes (molde principiar, terminar e moldes de boca) nas bancadas existentes na nave fabril junto às Máquinas IS é realizada por um operário de uma empresa subcontratada.

Existe um operário por turno, laborando estes apenas em dois dos três turnos existentes, um das 5h às 13h e outro das 13h às 21h.

Durante as 8h de trabalho cada operário vai entre 3 a 4 vezes fazer a distribuição de moldes dentro da nave fabril. O processo começa logo por volta das 5:30 da manhã, com a ajuda de um stacker. O trabalhador percorre todas as bancadas onde se encontram os moldes, recolhendo os que se encontram danificados. É neste período que se encontram mais moldes por reparar, uma vez que durante toda a noite não houve qualquer reposição de moldes.

Durante a recolha de moldes, é também realizada a contagem da quantidade de moldes requerida para cada máquina. Retornando à oficina os moldes são deixados ao ar para que possam arrefecer, isto porque, se fossem colocados na grenalhadora enquanto quentes iriam sofrer mais desgaste por erosão. Quando estes se encontram “frios”, no fim de mais ou menos 35min, são então colocados numa das grenalhadoras existentes. Estas máquinas fazem a limpeza dos moldes através da ação de areias projetadas contra os moldes eliminando toda a sujidade, num processo que demora cerca de 10min (carregar as peças na máquina, primeira operação de limpeza, mudar as peças de posição, segunda operação de limpeza e por fim retirar as peças da máquina).



Figura 27 – Grenalhadora. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)

Depois de limpos estes moldes são transportados para as bancadas dos moldes a reparar. Os moldes já reparados, que se encontram na respetiva bancada (uma para cada máquina) são transportados para outra zona onde com um spray de “laca” são pulverizados de forma a criar uma película antiaderente para que não haja adesão do vidro. Finalizado este

processo, os moldes são então distribuídos pelas várias bancadas junto às máquinas de acordo com as necessidades ou com as existências.

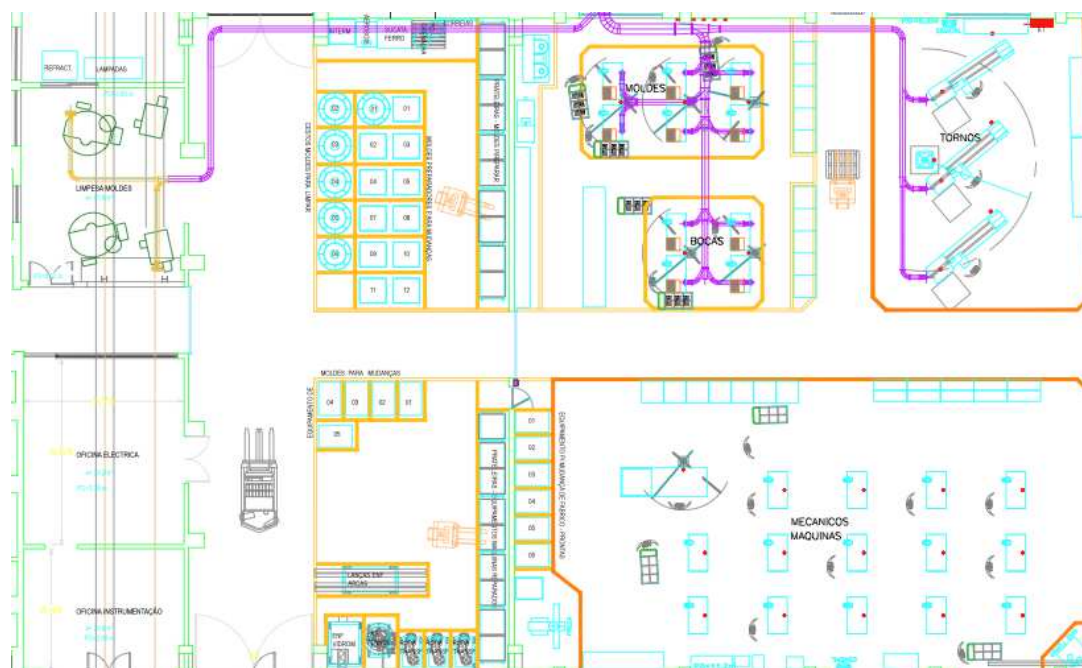


Figura 28 - Planta das oficinas. [8]

4.3. Quantidade de Stock Moldes Junto às Máquinas

Uma das primeiras tarefas pedidas, no âmbito do estágio foi a de recolher informações sobre as quantidades de stock de consumíveis existentes nas bancadas junto às máquinas. Já existia o conhecimento por parte das chefias que havia falta de material, no entanto não se sabia ao certo quais os que mais faltavam nem em que altura faltavam. Foi então criada uma folha em Excel com todos os equipamentos existentes e foi instruído a todos os operários de máquina que durante o período de um mês no início de cada turno anotassem todo o material em falta.

Para determinar a quantidade de moldes que deve constar na bancada de reposição junto a cada máquina, foi inicialmente estudada a quantidade de moldes que era “consumida” nas máquinas diariamente.

Os operários encarregues da reposição de moldes anotam a quantidade de moldes danificados que transportam para a oficina, existindo portanto um histórico, do qual foram

retirados os dados relativos a duas semanas, para os principais elementos que costumam “esgotar” (Moldes Terminar, Moldes Principiar, Moldes de Boca e Punções).

Quando aplicamos a Estatística na resolução de problemas constatamos que estes têm uma série de características que nos permite estabelecer um modelo teórico para uma dada solução, entre estes estão: Todos os valores que a variável X pode tomar, a função probabilidade associada à variável X e o valor esperado da variável aleatória X.

Existem dois tipos de distribuições teóricas, a distribuição contínua e a distribuição discreta.

Numa distribuição contínua a variável aleatória pode assumir qualquer valor real durante determinado intervalo de tempo. Já a distribuição discreta descreve quantidades aleatórias que adotam valores finitos sendo portanto esta do nosso interesse uma vez que a utilização de moldes está cingida apenas a valores inteiros.

Dentro das distribuições discretas temos a distribuição de Bernoulli, a distribuição Binomial e a distribuição de Poisson. Esta última é utilizada quando pretendemos saber o número de sucessos obtidos num intervalo contínuo de tempo, ou no nosso caso pretendemos saber qual a probabilidade do consumo de um determinado número de moldes durante o período de 24 horas.

Tabela 1 - Tabela com os valores médios do consumo moldes nas máquinas

	21h-5h	5h-13h	13h-21h
Molde Principiar	3,41	3,3	3,32
Molde Terminar	2,42	2,23	2,18
Molde Boca	3,65	3,69	3,98
Punções	2,71	2,67	2,83

Aplicada a fórmula de Poisson para a probabilidade de consumo de 4, 5 e 6 peças, sendo este o limite de peças devido à falta de espaço e/ou falta de material em armazém, durante os três turnos diários chegamos aos resultados demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Tabela com diferentes probabilidades de consumo de moldes

	Molde Principiar	Molde Terminar	Molde Boca	Punções
21h-5h	P=4	P=4	P=4	P=4
	0,74	0,90	0,70	0,86
	P=5	P=5	P=5	P=5
	0,87	0,96	0,84	0,94
	P=6	P=6	P=6	P=6
	0,94	0,99	0,92	0,98
5h-13h	P=4	P=4	P=4	P=4
	0,76	0,92	0,69	0,87
	P=5	P=5	P=5	P=5
	0,88	0,97	0,83	0,95
	P=6	P=6	P=6	P=6
	0,95	0,99	0,92	0,98
13h-21h	P=4	P=4	P=4	P=4
	0,76	0,93	0,63	0,84
	P=5	P=5	P=5	P=5
	0,88	0,98	0,79	0,93
	P=6	P=6	P=6	P=6
	0,95	0,99	0,89	0,97

Podemos verificar que os valores das probabilidades e respetivos riscos de rutura, independentemente do turno em questão giram em torno dos mesmos valores, não havendo diferenças acentuadas.

4.4. Implementação de um sistema Digital de Controlo de Stock

É um problema bastante comum na fábrica, verificando-se que por vezes uma ou mais secções por máquina se encontram paradas devido à falta de moldes para reposição. Este tempo de paragem representa uma perda por não produtividade, sendo que a eliminação destes tempos mortos representaria uma mais valia para a empresa.

Surgiu então a ideia da implementação de um sistema que em tempo real enviasse a informação relativa ao stock de moldes existente nas bancadas junto às máquinas, para as oficinas. Deste modo, não só permitiria que os mecânicos responsáveis pela reparação tivessem uma maior informação quanto aos moldes que seria necessário reparar como

também os operários responsáveis pela reposição, saberiam com exatidão quantos moldes estavam a ser necessários repor em cada bancada para que não se verificasse a paragem de uma ou mais secções da máquina devido à falta de moldes.

Foi pedido um orçamento para este sistema à GlassSoft, os quais responderam prontamente com a solução que se segue.

O sistema seria constituído por 9 postos secundários. Cada um destes postos terá uma consola na qual será possível seleccionar o molde pretendido, incrementar ou decrementar a quantidade pretendida e validar a alteração realizada. Estes 9 postos, que serão divididos por fornos, 5 para as máquinas do Forno I e os restantes 4 para as máquinas do Forno II, estarão conectados a dois postos principais (um por forno) servindo estes como posto de comando intermédio que comunicará com o PLC existente na Oficina. O PLC existente na oficina, estará ligado a um Monitor no qual existirá uma Tabela com uma linha representativa de cada máquina existente em fábrica e uma coluna para cada molde a controlar. Seria uma tabela com um total de 11 linhas, uma para cada máquina existente (projeto já idealizado tendo em conta a compra de uma nova máquina durante o próximo ano) e 4 colunas para os quatro itens que se pretende ter um melhor controlo (Moldes Terminar, Moldes Principiar, Moldes de Boca e Punções).

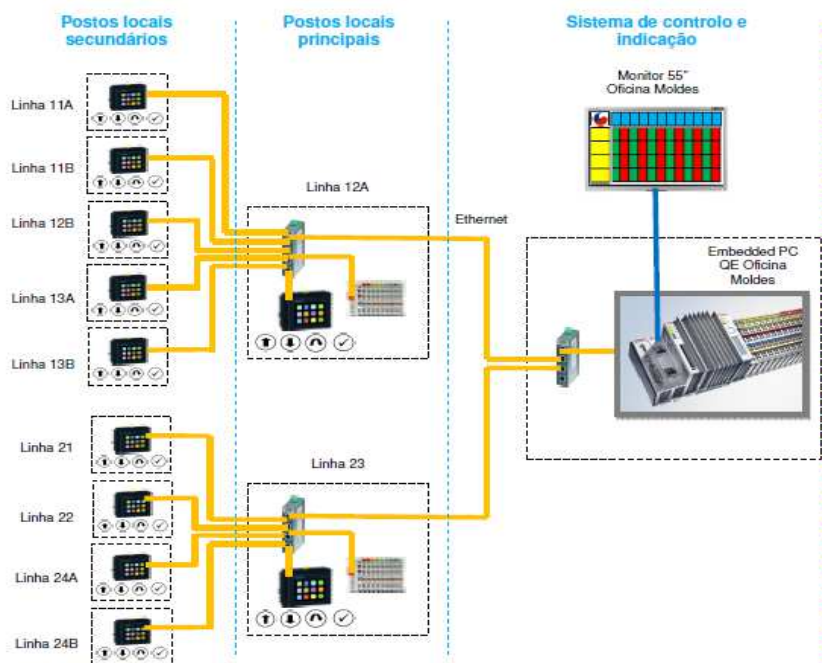


Figura 29 - Esquema da arquitetura do sistema de controlo. (Fonte – GlassSoft, 2013)

Apresentada a solução, teria agora que verificar se as perdas resultantes da não produtividade por falta de moldes compensariam o investimento de cerca de 25000€ pedidos pela aplicação deste sistema.

Consultado a base de dados existente para a quantificação e classificação das avarias, foram recolhidos os tempos relativos a paragens de máquina por falta de reposição de moldes.

Os resultados obtidos podem ser vistos no Apêndice C.

Como já foi descrito anteriormente e aplicando a mesma fórmula foi possível chegarmos aos seguintes resultados:

$$\text{Tempo máq. parada} \times \text{velocidade máq.} \times \text{peso embalagem} \quad (4.1)$$

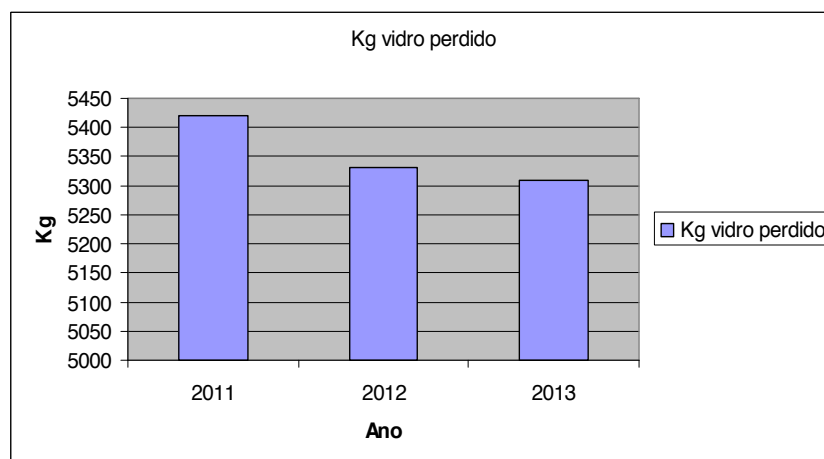


Figura 30 - kg de vidro perdido devido à falta de moldes de reposição

Sobre este valor é calculado o custo de produção, i.e., o custo em que a empresa incorre com a produção deste vidro que não chega ao paletizador e também o valor da receita não gerada pela venda deste vidro.

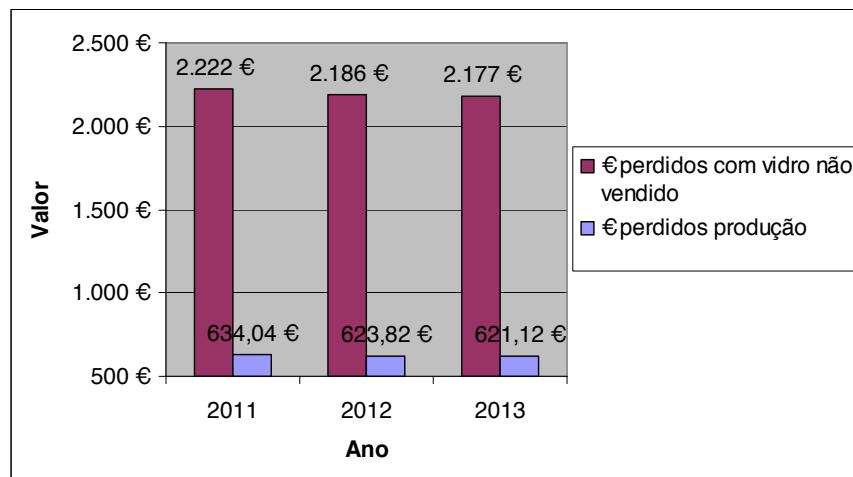


Figura 31 - Custos incorridos devido à falta de moldes de reposição

Podemos considerar que a empresa perde por ano aproximadamente cerca de 2800€ devido a este problema da falta de reposição de moldes.

Com esta poupança anual só ao fim de 9 anos é que o investimento estaria pago. No entanto poderia vir a ser uma melhoria muito significativa para o processo produtivo, uma vez que iria trazer informação em tempo real para a oficina do que está a acontecer junto às máquinas, facilitando assim o trabalho de todos.

4.5. Simulação dos Cenários

Com o intuito de apresentar dados mais concretos sobre o real funcionamento do processo de reposição de moldes, assim como as diferenças observadas utilizando vários níveis de stock, diferentes tempos de reposição de material e até mesmo recriar o efeito que o sistema que nos permitiria saber em tempo real o stock existentes junto as máquinas, foram criados vários modelos com recurso ao software SIMUL8.

O SIMUL8 é uma ferramenta que permite a criação de um modelo de computador que tenha em conta as limitações da vida real, as capacidades, taxas de falha, padrões de deslocamento entre outros fatores que afetam o desempenho do cenário criado. É assim possível simular em ambiente virtual qual a melhor solução para uma determinada situação real.

No entanto o modelo tem algumas condicionantes que se tornam impossíveis de recriar com a fidelidade desejada entre elas destaca-se: o facto de a substituição de moldes nas máquinas depender do modelo de garrafa e da cor do vidro em fabricação – sendo que os valores usados no consumo de moldes serem apenas uma estimativa, a existência de moldes de dez máquinas para reparar faz com que os mecânicos deem prioridade aos moldes que estão a ser mais requisitados, a quantidade de moldes que se colocam dentro da grenalhadora também ser estimado e o caso da quantidade de moldes transportada pelo operário encarregue da distribuição ser sempre variável dependendo do número de moldes que se encontrar reparado e da quantidade de moldes existente nas bancadas junto às máquinas. Durante a noite, uma vez que não há reposição é deixada uma maior quantidade de moldes nas bancadas para evitar o risco de rutura.

4.5.1. Simulação do cenário existente

Sendo uma representação da realidade houve a preocupação que esta fosse o mais fiel possível de modo a que os resultados obtidos fossem credíveis.

De modo a manter o problema suficientemente simples, para que pudesse ser resolvido em tempo útil, considerou-se apenas o processo de reposição de moldes de boca. Esse processo de reposição é independente dos processos de reposição dos restantes moldes pelo que a opção tomada não deverá ter impacto nos resultados alcançados. Caso se verifique que este modelo “funciona” de forma adequada, este poderá ser facilmente estendido para os outros moldes.

Foi criado um sistema de turnos semelhante ao que existe na realidade para os “recursos” disponíveis.

O consumo de moldes nas máquinas foi modelizado tendo em conta os dados recolhidos e apresentados no capítulo 4.3 .

Como já foi anteriormente descrito tanto a reposição de moldes como a recolha é realizada pelo mesmo recurso, para este foi criado um LOOP que permite simular o intervalo de tempo dedicado a estas tarefas, cerca de 12 minutos tempo durante o qual o recurso faz a reposição e recolha dos moldes de boca. Ao fim deste tempo, o recurso encontra-se ocupado com outras tarefas que tem a seu cargo, voltando ao fim de 120 minutos para realizar uma nova reposição e recolha.

Os moldes são então deixados ao ar para que possam arrefecer antes de irem para o interior das grenalhadoras.

A reparação de moldes é executada tendo em conta os tempos medidos junto dos mecânicos de moldes referenciado no subcapítulo 4.1.1.

O modelo foi executado durante um período de 5 dias.

4.5.1.1. Resultados

O modelo criado procurou replicar a lógica da realidade vista na nave fabril da Saint-Gobain S.A. Verificou-se que os resultados obtidos não retratam fielmente a realidade, o que se deveu provavelmente a algumas simplificações feitas no processo de modelização. No entanto o modelo desenvolvido permite ter uma ideia relativamente boa do funcionamento do sistema real.

Estipulada uma capacidade máxima de 10 moldes de boca na bancada de reposição junto à máquina e com uma reposição realizada a cada 120min, é possível constatar que apesar de funcionar relativamente bem, há alturas em que se verifica uma quebra acentuada na quantidade de moldes utilizados na máquina. Com este sistema o operário tem uma taxa de ocupação destinada à reposição e recolha de moldes de aproximadamente 10%. A quantidade média de moldes presentes na bancada anda em torno das 3 unidades e o número médio de moldes presentes na Máquina IS ronda as 12 unidades.

Uma vez que na prática, a máquina IS necessita de 20 moldes de boca para funcionar, os resultados anteriores (12 moldes em média na máquina) levam a concluir que o processo atual não permite repor os moldes a um ritmo que garanta que não haverá paragem do equipamento por falta de moldes.

4.5.2. Simulação com a implementação do sistema da GlassSoft

Como já foi anteriormente descrito a utilização deste sistema permitiria ao operário da distribuição saber em tempo real quantos moldes se encontravam em falta nas bancadas existentes junto a cada máquina. O modelo é em tudo semelhante ao desenvolvido anteriormente, com a única diferença a residir no fato de à semelhança do que iria acontecer na realidade, um sinal seria enviado ao operário, sempre que o stock de um dos

moldes desça a baixo do nível desejado (≤ 1), sendo estes imediatamente repostos até um nível máximo estabelecido (≥ 6) evitando a ruptura de stock e consequente paragem da máquina. No entanto este processo requer uma maior disponibilidade por parte do trabalhador para efetuar a distribuição do material.

4.5.2.1. Resultados

Os resultados atingidos com este modelo demonstraram uma melhoria significativa relativamente ao que existia anteriormente. Não existindo um intervalo de tempo no qual seria feita a reposição, que agora passa a ser comandada pela carência de moldes junto das máquinas o que leva a uma maior taxa de ocupação do operário – aproximadamente 20%, o que se traduz numa quantidade média de moldes na máquina de 20 unidades.

O que já tinha sido anteriormente referido, pode agora ser observado através dos resultados obtidos com esta simulação, o aumento na eficiência que a implementação deste sistema representa trará ganhos produtivos para a empresa.

5. EQUIPAMENTO MÓVEL

O equipamento móvel é todo aquele equipamento que é reparado em fábrica e que é comum a todas as máquinas independentemente da fabricação em curso.

São 6 os componentes que se encontram nesta classe: Cilindro de pinças, suporte de cabeça de sopro, braço extractor, caixa de vácuo, braços de transferência e suporte de fundo preparador.

5.1. Reposição do Equipamento Móvel

A reposição do equipamento móvel (consumíveis de cada máquina IS) é realizada por um dos mecânicos de serviço. Este faz a reposição de manhã logo a seguir à mudança de fabricação, por volta das 9h, e faz nova reposição no final do seu horário de trabalho às 14:30h.

5.2. Stock existente junto às Máquinas

Este problema está relacionado com o que se estava a verificar para os moldes. Existiam faltas de equipamento para reposição no caso de avaria, levando a que por vezes houvesse secções sem produzir devido a estas falhas.

Foram então distribuídas pelas máquinas do forno 1 uma série de folhas (as mesmas que eram utilizadas para contabilizar a falta de moldes) de forma a contabilizar também a falta deste equipamento. Cada uma das equipas de trabalho deveria no início de cada turno assinalar nesta folha a quantidade de material existente nas bancadas.

Como já foi referido, do equipamento móvel fazem parte 6 elementos, constando estes em todas as bancadas de cada máquina existente.

Contabilizados os resultados do número de faltas verificados ao fim de um mês (figura 32) foi “discutido” em reunião com os principais responsáveis pela oficina de máquinas e produção qual seria a melhor solução para este problema.

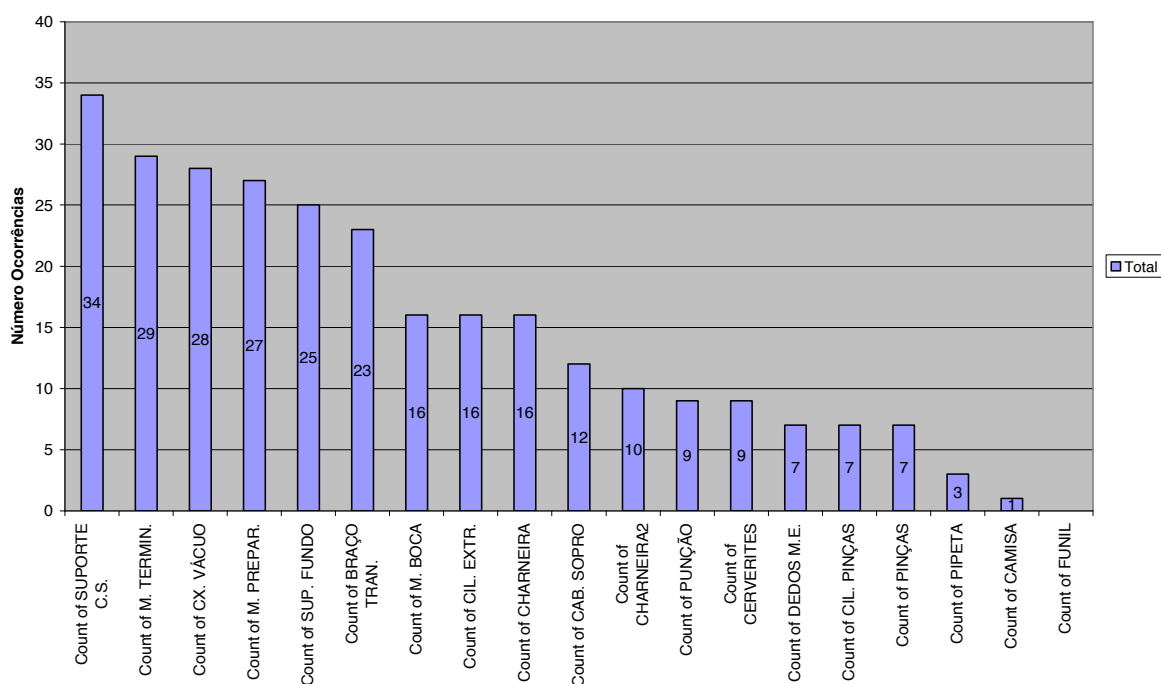


Figura 32 - Gráfico com o número de ocorrências de falta de equipamento móvel para reposição

Das causas possíveis para o problema fazem parte: a inexistência de material em stock; a falha na reposição deste equipamento ou a falta de material reparado para reposição. Problemas a que o chefe de oficina de máquinas e moldes respondeu, dizendo que o principal problema se prendia com a inexistência de mais material em stock. Foi então analisada a possibilidade da compra de mais material mas a falta de verbas impedia que esta fosse a solução.

Havia a necessidade que a solução para este problema fosse o mais económica possível. Surge então a ideia da criação de uma nova bancada (uma por forno), que ficasse numa posição mais central, para colocar todo este material que é comum a todas as máquinas. Esta bancada irá assim armazenar os 6 equipamentos das 5 máquinas existentes em cada forno.

A bancada foi projetada com recurso ao software *AutoCAD*[®], tendo sido estudado o melhor local para a sua colocação, assim como a disposição do equipamento a albergar.

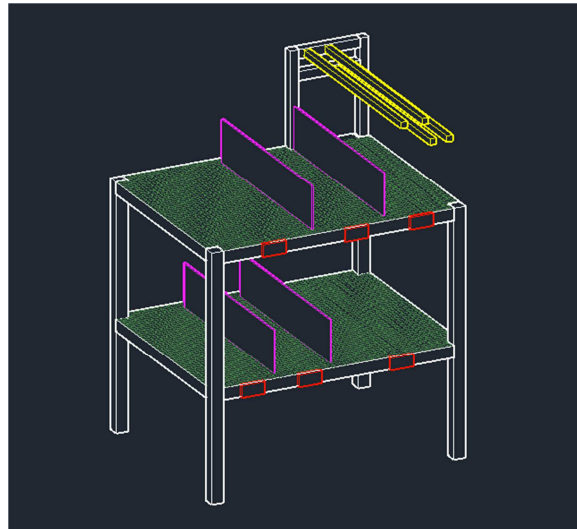


Figura 33 - Bancada projetada em *AutoCAD*®

Reunir todo este equipamento numa bancada constitui um maior pulmão para as máquinas, isto porque, apesar de a quantidade de material existente para substituição ser exatamente a mesma que existia quando este estava separado por máquina, o facto de ele estar agora reunido possibilita que por exemplo a máquina 12 possa utilizar 2 braços extratores ao paço que a máquina 13A não precisa de nenhum, no entanto venha a utilizar 3 caixas de vácuo e a 11B precise apenas de 1 braço extrator e um cilindro de pinças.

Isto é possível pois neste momento existe um stock “para cada máquina” de 5 peças e nem sempre se verifica a necessidade de substituição do mesmo equipamento em todas as máquinas.

Foi também criado um sistema semelhante ao Kanban (palavra japonesa que significa etiqueta). Tem como objetivo a utilização de um sistema de cartões que permita indicar o fluxo de produtos dentro de uma empresa. O Kanban funciona assim como uma ordem de fabrico, ou neste caso como uma ordem para a necessidade de mais equipamento.

Na bancada existe uma chapa metálica que contém uma dobradiça que lhe permite girar a 180°. Esta chapa é pintada de um lado a verde e no outro a vermelho servindo o vermelho para indicar a necessidade de reposição de material.



Figura 34 - Bancada pronta a utilizar. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)

Após a instalação desta nova bancada, foram novamente contabilizadas as faltas ocorridas durante o período de um mês, e com se pode verificar no seguinte gráfico as melhorias foram significativas:

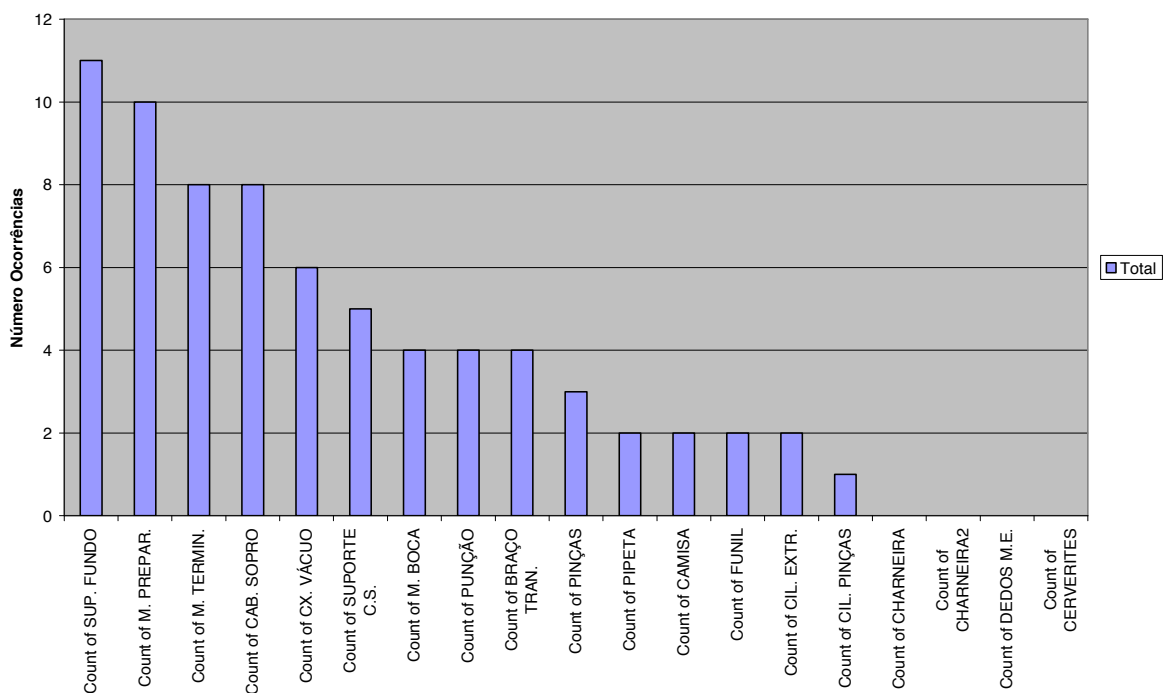


Figura 35 - Gráfico com o número de ocorrências de falta de equipamento com a nova bancada

As faltas que ainda se verificam devem-se principalmente ao facto de durante o fim-de-semana não existir nenhum mecânico que faça a reposição deste equipamento. Para ajudar nestas alturas foi criada uma bancada dentro da oficina, servindo como último recurso, ao qual os chefes de turno têm acesso para as ocorrências imprevistas (maior degradação por atascos, cortes de corrente, etc).

6. 5S

5S é o nome dado a uma filosofia de administração japonesa que se refere a cinco palavras: *Seiton*, *Seiri*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*. Esta filosofia procura promover, através da consciência e responsabilidade de todos a disciplina, segurança e a produtividade no local de trabalho.

Este método Lean incentiva os trabalhadores a melhorar as suas condições de trabalho e ajuda-os a reduzir o desperdício e o tempo de inatividade.

Cada um dos 5S representa uma etapa da implementação desta filosofia.

A primeira etapa do processo “5S”, *Seiri*, diz respeito ao ato de eliminar todos os materiais indesejáveis e desnecessários que não estejam relacionados com o local de trabalho. A ideia principal prende-se com garantir que o que se encontra no local de trabalho está relacionado com o trabalho.

Seiton, ou ordem, é a segunda etapa e está relacionada com a eficiência. Esta etapa consiste em colocar tudo num local pré-determinado de modo a que se possa aceder a este de forma rápida e expedita, facilitando também na altura de arrumar. A facilidade de acesso a um determinado item ou material torna mais eficiente o fluxo de trabalho e conseqüentemente o trabalhador mais produtivo. Cada item deve portanto ser colocado no seu local pré-determinado tendo em conta a forma como o trabalho vai ser realizado e por quem, devendo este ser rotulado para uma fácil identificação permitindo saber o que é? Ou para que serve?

A terceira etapa do processo é, *Seiso*, e consiste na limpeza do local de trabalho. A limpeza deve ser feita por todos na organização, desde os operadores até às chefias, sendo o dever de todos manter o local de trabalho limpo e arrumado para que cause boa impressão às vistas.

Seiketsu é a quarta etapa e trata de definir os padrões pelos quais as pessoas devem medir e manter a “limpeza”. Engloba a limpeza pessoal e ambiental.

A quinta e última etapa dos “5S” é *Shitsuke* que significa disciplina. Ela denota o compromisso de manter a ordem e praticar os primeiros 4S como uma filosofia de vida, eliminando os maus hábitos e mantendo uma constante prática dos bons.

O *Shitsuke* é alcançado, quando os trabalhadores por sua vontade se preocuparem com a limpeza e organização do seu local de trabalho.

6.1. Trabalho realizado

Cada vez mais se nota uma crescente preocupação em manter limpo e arrumado o local de trabalho, área onde os 5s têm extrema importância.

O Grupo Saint-Gobain tem programada uma série de auditorias realizadas pelos responsáveis técnicos de higiene e segurança que vêm auditar outras fábricas do grupo, promovendo a melhoria contínua das fábricas do grupo.

Estes encarregam-se de fazer uma visita a toda a fábrica verificando os pontos fortes e fracos relativos à boa prática dos 5s. No final é elaborado um relatório no qual é atribuída uma pontuação (0% a 100%) e onde estão discriminados os pontos a ser corrigidos.

Com o aproximar da data de uma nova auditoria foi-me pedido que me ocupasse da organização de todos os “trabalhos” 5s.

Uma das falhas existentes na área de fabricação, era a falta de identificação do sentido de circulação dos fluidos em cerca de 80% das condutas existentes (gás natural, ar comprimido 3,5 e 7bar, rede incêndios, água bruta e água da ETARI). Também a rede de Fuelóleo se encontrava sem qualquer identificação. O Fuelóleo, como já foi referido era utilizado no processo de combustão nos fornos. Encontrando-se neste momento desativada, esta rede, é apenas usada em caso de falha no abastecimento de gás natural. Sempre paralela à rede de Fuelóleo existe também uma rede de termo fluído, que tem como função manter a temperatura do Fuelóleo elevada, tornando mais fácil a sua combustão.

Para proceder a esta identificação, analisaram-se as várias plantas das instalações destas redes nas quais era possível identificar os fluxos dos fluidos ao longo de toda a área de fabricação e colar setas em vinil ao longo de toda a rede.



Figura 36 - Sinalização de rede de água de refrigeração. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)

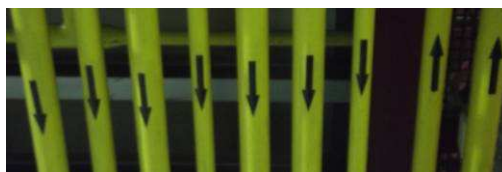


Figura 37 - Sinalização da rede de gás natural. (Fonte – Imagem obtida nas instalações Saint Gobain Mondego)

Foi também realizada a arrumação dos armários de equipamento das várias equipas de trabalhadores, isto é, a colocação de divisórias entre diferentes itens (óculos proteção, luvas de lã, luvas anti-corte, escovilhões, fatos de limpeza, viseiras protetoras, etc), etiquetas com o respetivo nome e uma imagem do standard visual colocada no exterior do armário.

Houve também a necessidade de identificação de diversas zonas e equipamentos existentes em toda a área de fabricação. Como por exemplo a colocação de placas identificativas do local onde são guardados os “trapos” (bocados de pano que servem para limpeza), tornos de aperto que auxiliam operações de mudança de ferramentas, identificação das zonas para a colocação de ferramenta não conforme e identificação da área onde se encontram os depósitos de Óleos usados na fabricação (lubrificação de máquinas, lubrificação de moldes, sistema hidráulico e óleo da taladrina – mistura de óleo e água usado no arrefecimento das tesouras que cortam a gota).

Foram também colocadas junto aos depósitos as fichas informativas dos vários óleos existentes.

No dia da auditoria, fiz o acompanhamento dos auditores por toda a área de fabricação, vendo os pontos que ainda não estavam de acordo com as normas. Obteve-se uma avaliação final de 87%, tendo sido de 80% no final de 2012.

7. AR COMPRIMIDO

O ar comprimido é um fluído com um elevado consumo energético, verificando-se um consumo, regra geral, de 100 kWh por 1.000 Nm³. É portanto de extrema importância que haja um controlo sistemático das fugas de ar comprimido, mesmo sabendo ser praticamente impossível eliminá-las na sua totalidade.

Na tabela seguinte é exibida as perdas em m³/min para diferentes diâmetros de furo e diferentes pressões.

Tabela 3 - Perdas de ar comprimido em m³/min. ^[14]

Diâmetro furo (mm)	Perda a 4 bar (m ³ /min)	Perda a 6 bar (m ³ /min)	Perda a 7 bar (m ³ /min)
1	0,01	0,06	0,07
2	0,16	0,25	0,28
3	0,40	0,57	0,64
4	0,72	1,00	1,13
5	1,12	1,57	1,77
6	1,60	2,27	2,54
8	2,80	4,04	4,52
10	4,32	6,31	7,07

As elevadas temperaturas existentes no interior da fábrica contribuem para o agravamento do consumo energético. Deve-se ter em conta que a potência necessária aumenta linearmente com a temperatura do ar a comprimir. Por exemplo, uma temperatura 10 °C, acima da temperatura ambiente provoca um aumento da potência necessária em cerca de 3% para que comprimir a mesma quantidade de ar.

7.1. Sistema da Fábrica

A fábrica possui duas redes de ar comprimido, uma de baixa pressão, a 3,5 bar, e a outra designada de alta pressão, a 7 bar, estando os compressores associados a cada rede localizados na cave.

A produção de ar comprimido de baixa pressão é assegurada através de 9 compressores (Tabela 4), no entanto nem todos são utilizados simultaneamente, tudo depende das necessidades da fábrica.

Tabela 4 - Características dos compressores de baixa pressão em funcionamento. ^[8]

REDE	PARTICULARIDADES							CARACTERÍSTICAS			
	Marca	Modelo	Referencia	Tipo	Trabajo	% Uso	Servicio	Kw(m)	m³/min	Presiõ nMáx. kg/cm²	Presiõ nTrab ajo kg/cm²
BBAIXA	Ingersoll-Rand	C21/1C MX3	V-21AB	Centrifugo	Base	40	Fabricación	350	62,9	4,4	3,8
	Ingersoll-Rand	C155/2 MX2 2RH	7899	Centrifugo	Base	100	Fabricación	700	162,0	4,5	3,8
	Ingersoll-Rand	C70/2 MX2 2RH	V-3175	Centrifugo	Reserva	0	Fabricación	400	64,0	5,0	3,8
	Ingersoll-Rand	C60/3 MX2 2RL	4176	Centrifugo	Reserva	0	Fabricación	325	60,0	5,2	3,8
	Ingersoll-Rand	C155/1 MX2 2RH	V-4637	Centrifugo	Base	100	Fabricación	660	144,6	5,0	3,8
	Ingersoll-Rand	C100 MX2 2RL	V-5389	Centrifugo	Base	100	Fabricación	480	112,0	4,5	3,8
	Ingersoll-Rand	C42 MX2 2RL	V-5980	Centrifugo	Reserva	60	Fabricación	250	40,7	5,0	3,8
	Ingersoll-Rand	C60/2 MX2	V-6586	Centrifugo	Base	50	Fabricación	350	61,4	4,5	3,8
	Atlas Copco	ZH10000	AIF 105795	Centrifugo	Base	100	Fabricación	630	161,8	4,5	3,8

A produção de ar comprimido de alta pressão, 7 bar, é realizada através de 4 compressores (Tabela 5), que à semelhança do que acontece com a rede de baixa pressão, estes são utilizados ou não consoante as necessidades da fábrica.

Tabela 5 - Características dos compressores de alta pressão em funcionamento. [8]

RED E	PARTICULARIDADES							CARACTERISTICAS			
	Marca	Modelo	Referencia	Tipo	Trabajo	% Uso	Servicio	Kw(m)	m³/m in	Presión Máx. kg/cm²	PresiónTrabajo kg/cm²
ALTA	Ingersoll-Rand	C25 MX2 2SH	V-3522	Centrifugo	Base	100	Fabricación	170	23,2	8,0	6,8
	Ingersoll-Rand	SSR/MH 132	2400238	Tornillo	Base	100	Fabricación	152	21,0	10,0	6,8
	Ingersoll-Rand	SSR/ML 132	462	Tornillo	Base	50	Fabricación	152	24,07	7,5	6,8
	Ingersoll-Rand	SSR/ML 200 23	2550317	Tornillo	Reserva	50	Fabricación	200	41,5	7,5	6,8

7.2. Detecção de Fugas

Em toda a área de Vidro Frio, já se fazia à algum tempo este controlo, tendo começado a ser realizado na área de vidro quente no início do mês de Maio.

A deteção de fugas foi realizada com o recurso a uma pistola com tecnologia ultra sónica. Quando um gás passa através de um orifício restrito sob pressão, vai de um fluxo laminar pressurizado ao fluxo turbulento de pressão baixa, esta turbulência gera um ruído que será mais alto no local da fuga.

A tecnologia do ultra som é relacionada com as ondas sonoras que ocorrem fora da percepção humana (limiar médio da audição humana é de 16500Hertz, ao passo que os ultrasons estão relacionados com frequências em torno dos 20.00Hertz). Sendo um sinal de alta-frequência, é um sinal de onda curta, necessitando por isso de mais energia acústica para percorrer a mesma distância que um som de baixa frequência.

A pistola LOCATOR converte o sinal ultra sónico numa escala audível e depois amplifica-o.

A pistola tem um monitor gráfico de barras (10 LEDs), que indicam a força ultra sónica do sinal, cada uma delas corresponde a 3db; tem um seletor de sensibilidade com 8 níveis (0db a 70db) sendo que 0 é com sensibilidade elevada e 70 com a sensibilidade mais

reduzida. Para ajudar na deteção de fugas é utilizado para além do efeito visual do gráfico de barras uns auscultadores que nos permitem “ouvir” de onde é proveniente a fuga.



Figura 38 - Pistola LOCATOR. ^[8]

Apesar de a grande maioria das fugas detetadas serem de grande dimensão, isto é, são passíveis de detetar sem qualquer auxiliar, a pistola revela-se um utensílio de grande utilidade num ambiente extremo como o existente no interior da fábrica onde os níveis de ruído oscilam entre os 105 e os 107db, estando este valor muito acima do valor suportado pelo trabalhador durante as 8h de trabalho (85db). Com estes níveis de ruído torna-se impossível a deteção da localização exata das fugas, sem a ajuda da pistola.

Já presença habitual, todos os anos um técnico do ISQ (Instituto de Soldadura e Qualidade), desloca-se á fábrica tendo como objetivo a pesquisa, identificação e quantificação das fugas de ar comprimido existentes. Munido de um equipamento muito mais sofisticado do que o existente em fábrica, permite-lhe uma deteção mais assertiva das fugas existentes.

Para poderem quantificar as fugas fizeram um levantamento da potência média em kW e da produção média em L/s dos compressores existentes, separando a rede de baixa pressão (3,5bar) da rede de alta pressão (7bar).

No final foi entregue um relatório com todas as fugas, quantificando um gasto em €ano para cada fuga detetada.

A partir destes valores foi-me possível com a ajuda do Excel traçar uma recta que me permitisse fazer a relação entre os dB produzidos por uma determinada fuga e a quantidade de ar perdida que me permitiu, para cada fuga, estimar o valor do consumo energético em kWh, o valor das emissões de CO₂ associado a este consumo energético assim como o custo incorrido.

7.3. Identificação das Fugas

A identificação de fugas (marcação do local) é feita com a seguinte etiqueta que é colocada no local de cada fuga:

The image displays two sides of a red-bordered label used for leak identification. The front side (left) features the Verallia logo, fields for 'NT' (Tag Number) and 'Máquina' (Machine), a 'Controlo de Fugas' title, a 'Descrição do Problema' section with three lines, and 'Responsável' and 'Data' fields. The back side (right) has a 'Descrição da Reparação' section with three lines, a 'Peças Utilizadas' section with three lines, and 'Responsável' and 'Data' fields. A red banner at the bottom of both labels reads 'COLOQUE ESTA ETIQUETA NO LOCAL'.

Figura 39 - Etiqueta usada para a sinalização das fugas

Como se pode observar na imagem, as etiquetas são numeradas, é identificada a máquina na qual se verificou a fuga, existe um campo para uma pequena descrição do problema (onde se verifica a fuga) e um campo a ser assinado pelo responsável pela deteção assim como a data em que foi feita. O verso desta etiqueta é destinado a quem faz a reparação, devendo este fazer uma descrição da reparação e as peças utilizadas, autenticar com o seu nome e pôr a data em que esta foi realizada.

Durante a minha passagem pela Saint-Gobain, foram detetadas de mais de 100 fugas, no entanto apenas estão contabilizadas as que foram realizadas depois da visita do técnico do ISQ, pois só aí foi possível fazer uma quantificação dos gastos incorridos com estas fugas (em anexo).

A totalidade das fugas de ar comprimido identificadas aponta para uma estimativa de consumo energético dos compressores de 292.515 kWh anuais para satisfazer as mesmas. Com a eliminação destas fugas evitar-se-á a emissão anual de aproximadamente 137,5 toneladas de CO₂ para a atmosfera, permitindo que haja uma poupança estimada de 19.500€- todos estes valores podem ser consultados na tabela em anexo.

De forma a minimizar estes valores, devem ser aplicadas medidas que visem a eliminação de fugas de ar comprimido, medidas como: Instituir um programa regular de verificação de fugas de ar comprimido, devendo estas ser rapidamente reparadas quando detetadas; aplicação de uniões e adaptadores de elevada qualidade para prevenir que novas fugas apareçam; Isolar os compressores para que se possa minimizar ganhos térmicos.

8. CONCLUSÃO

Decorrido o estágio verificou-se que contribuiu determinantemente para o meu enriquecimento pessoal e profissional.

Os objetivos que foram propostos ao longo do estágio foram atingidos, visto que, foi possível a apresentação de algumas soluções para as principais avarias existentes nas Máquinas IS.

Ficou demonstrado que o sistema da Glass-Soft seria uma melhoria muito significativa para o processo produtivo na medida em que eliminaria a falta de moldes em máquina, ficando no entanto por fazer a afinação dos modelos existentes, com o intuito de atingir resultados mais fidedignos assim como alargar o modelo para os restantes moldes (moldes principiar e terminar). No entanto com este modelo é possível verificar este sistema permitiria conhecer em tempo real os moldes que se encontram junto às máquinas evitando que haja paragens por rutura do stock de moldes.

A implementação das bancadas centrais para o equipamento móvel comum às diversas máquinas também se revelou uma solução fácil e económica que permitiu resolver os problemas existentes com a falta deste equipamento para substituição nas máquinas.

Todo o trabalho realizado em torno dos 5S, tema de grande relevância para a atual administração, foi compensado com a classificação de 87% na avaliação conduzida pelos auditores provenientes de Espanha. Este trabalho deve ser continuado, com o intuito de tornar a Saint-Gobain Mondego S.A. uma referência para as restantes fábricas do grupo.

Por último o trabalho levado a cabo para a deteção de fugas de ar comprimido que possibilitou uma redução no consumo de energia elétrica, assim como uma diminuição nas emissões de gases efeito de estufa. Esta é uma área que requer um acompanhamento constante pois, as fugas surgem com grande facilidade por toda a máquina e são reparadas na maior parte dos casos sem grandes custos.

Tendo sido a meu primeiro contacto com o mundo do trabalho, a realização deste estágio curricular foi onde tive a possibilidade de ver empregados, alguns dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso, num ambiente industrial proporcionando também o relacionamento com os vários colaboradores.

Posto isto considero que tenha sido uma excelente experiência trazendo-me preparação para o futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] José Paulo Saraiva Cabral (2006), “Organização e Gestão da Manutenção”, 6ª Ed., LIDEL.
- [2] William F. Smith (1998), “Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais”, 3ª ED., McGraw Hill.
- [3] ISQ (12/06/2013), “Relatório de pesquisa de fugas de ar comprimido”.
- [4] <http://pt.verallia.com/empresa/história>.
- [5] <http://pt.verallia.com/o-vidro/processo-e-fluxograma-em-imagens>.
- [6] José Manuel Couceiro Barosa Correia Frade (2010), “Conformação automática de formas complexas em vidro de mesa”. Dissertação de Doutoramento em Ciência e Engenharia dos Materiais. Universidade de Aveiro, Aveiro, em: <http://ria.ua.pt/bitstream/10773/2324/1/2010001280.pdf>.
- [7] Saint-Gobain Mondego, S.A. 2010, “Declaração Ambiental”, em: <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=x41>.
- [8] Documentos Internos, Saint-Gobain Mondego S.A.
- [9] Susana Isabel Machado Pedreiro (2010), “Análise do Processo de Tratamento de Efluentes Líquidos na Saint-Gobain Mondego S.A.”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química. Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- [10] Ana Rita Rodrigues Freire (2009). “Modelação do Forno de Fabrico de Vidro”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química. Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- [11] <http://www.gpi.org/glassresources/education/manufacturing/section-34-forming-process.html> (19/08/2009)
- [12] Akerman, Mauro, A Elaboração do Vidro, CETEV – Centro Técnico da Elaboração do Vidro, Saint-Gobain Vidros Brasil, 2000, disponível em www.saint-gobain-cetev.com.br/elabora/elaboracao.pdf. (3/06/2009)
- [13] Auchet, O., Riedinger, P., Malasse, O. & Lung, C., (2008), First-Principles Simplified Modelling of Glass Furnaces Combustion Chambers, (p.1443-1256), Nancy, França.
- [14] <http://www.voltimum.pt/artigos/sistemas-de-ar-comprimido-medidas-para-aumentar-eficiencia-energetica>

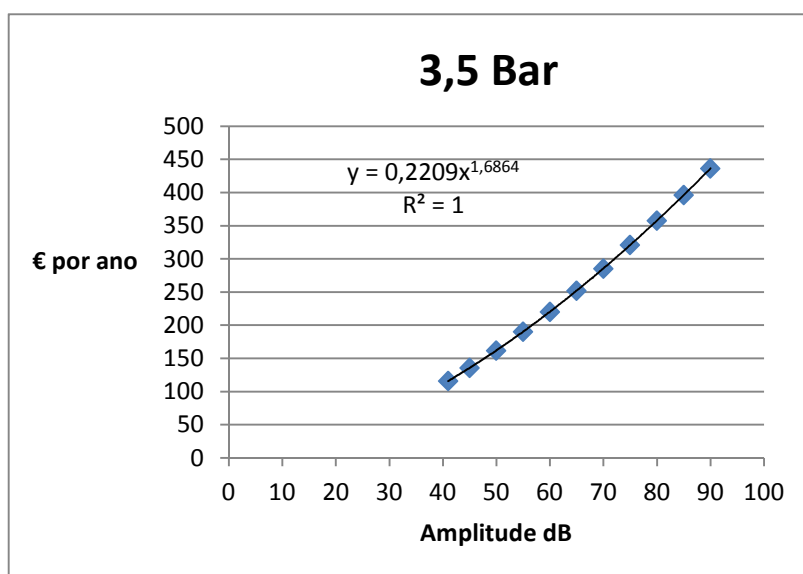
APÊNDICE A

Gráficos e Tabelas referentes consumo de ar comprimido

3,5 Bar

Amplitude	Econ.(€)/Ano
41	115,9
45	135,6
50	161,9
55	190,2
60	220,2
65	252,1
70	285,6
75	320,9
80	357,8
85	396,3
90	436,4

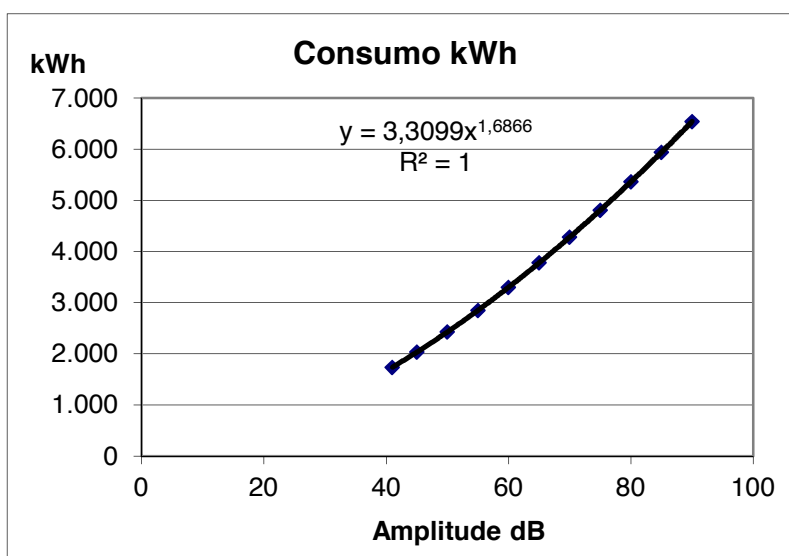
Calculo do valor	
Amplitude (dB)	Econ.(€)/Ano
51	167,43 €



3,5 Bar

Amplitude	kWh
41	1 737
45	2 033
50	2 428
55	2 851
60	3 302
65	3 779
70	4 282
75	4 811
80	5 364
85	5 941
90	6 543

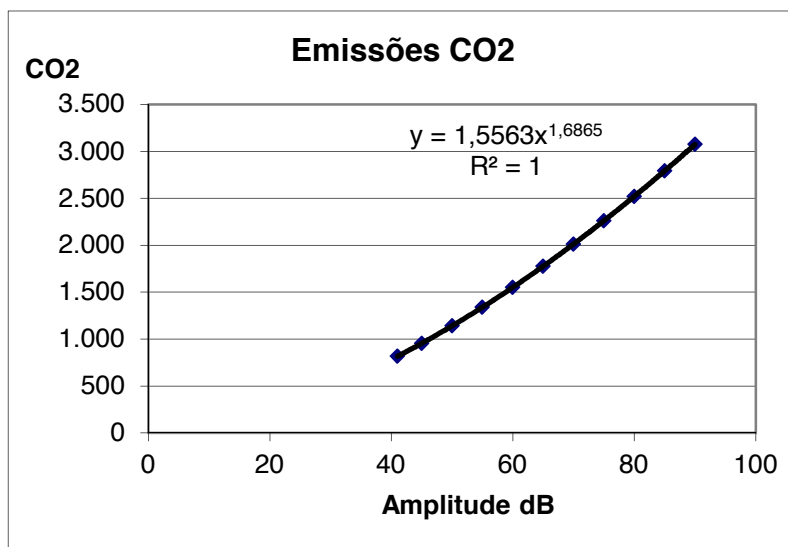
Calculo do valor	
Amplitude (dB)	kWh
51	2 511



3,5 Bar

Amplitude	CO2
41	817
45	955
50	1 141
55	1 340
60	1 552
65	1 776
70	2 013
75	2 261
80	2 521
85	2 793
90	3 075

Calculo do valor	
Amplitude (dB)	CO2
51	1 180



APÊNDICE B

Contabilização das fugas de ar comprimido

Ocorrência						Reparação			Valor Economizado/Ano	kWh	(kg) CO2
Nº	Data	Responsável	Linha	Secção	Descrição	Data	Responsável	Relatório			
21	30/Ago	Nuno Santos	21	2	Fuga no manómetro que controla a subida do punção do lado interior	06/Set	Carlos Coutinho	Substituição do regulador de pressão	265,27 €	3978	1870
22	02/Set	Nuno Santos	11A	1	Fuga na Válvula do lado principiar	03/Set	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	190,17 €	2852	1340
23	02/Set	Nuno Santos	11A	2	Fuga na Válvula do lado principiar	05/Set	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	207,99 €	3119	1466
24	02/Set	Nuno Santos	11A	2	Fuga na Válvula do lado principiar	05/Set	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	207,99 €	3119	1466
25	02/Set	Nuno Santos	11A	5	Fuga na Válvula do lado principiar	05/Set	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	245,55 €	3682	1731
26	02/Set	Nuno Santos	11A	8	Fuga na Válvula do lado principiar	05/Set	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	265,27 €	3978	1870

27	02/Set	Nuno Santos	11A	9	Fuga na Válvula do lado principiar	05/Set	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	226,45 €	3396	1596
28	02/Set	Nuno Santos	11A	9	Fuga no manómetro que controla a subida do punção do lado interior	03/Set	Carlos Coutinho	Substituição do regulador de pressão	220,23 €	3303	1552
29	02/Set	Nuno Santos	11B	16	Fuga na Válvula do lado principiar	06/Set	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	285,61 €	4283	2013
30	02/Set	Nuno Santos	11B	18	Fuga no manómetro que controla o sopro no molde exterior	03/Set	Carlos Coutinho	Substituição do regulador de pressão	265,27 €	3978	1870
31	02/Set	Nuno Santos	11B	18	Fuga no manómetro que controla o sopro no molde interior	03/Set	Carlos Coutinho	Substituição do regulador de pressão	285,61 €	4283	2013
32	05/Set	Nuno Santos	23	1	Fuga na electro válvula lado principiar	06/Set	Carlos Coutinho	Substituição de O-Rings	190,17 €	2852	1340
33	05/Set	Nuno Santos	23	2	Fuga na electro válvula lado principiar	06/Set	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	245,55 €	3682	1731
34	05/Set	Nuno Santos	23	3	Fuga na electro válvula lado principiar	06/Set	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	207,99 €	3119	1466
35	05/Set	Nuno Santos	23	4	Fuga na electro válvula lado principiar	06/Set	Carlos Coutinho	Substituição de O-Rings	245,55 €	3682	1731
36	05/Set	Nuno Santos	23	5	Fuga na electro válvula lado principiar	06/Set	Carlos Coutinho	Substituição de O-Rings	285,61 €	4283	2013
37	05/Set	Nuno Santos	23	6	Fuga na electro válvula lado principiar	06/Set	Carlos Coutinho	Substituição de O-Rings	265,27 €	3978	1870
38	05/Set	Nuno Santos	23	7	Fuga de ar no lado principiar	06/Set	Carlos Coutinho	Reaperto das junções	285,61 €	4283	2013

Apêndice B

39	05/Set	Nuno Santos	23	8	Fuga na electro válvula lado principiar	06/Set	Carlos Coutinho	Substituição de O-Rings	226,45 €	3396	1596
40	05/Set	Nuno Santos	23	-	Fuga de ar junto ao Mecanismo de corte (lado direito)	15/Nov	Jaime Albarino	Reaperto das junções	265,27 €	3978	1870
41	05/Set	Nuno Santos	23	-	Fuga de ar junto ao Mecanismo de corte (lado esquerdo)	15/Nov	Jaime Albarino	Substituição de O-Rings	226,45 €	3396	1596
42	05/Set	Nuno Santos	23	-	Fuga de ar junto ao Mecanismo de corte (lado esquerdo)	15/Nov	Jaime Albarino	Substituição do regulador de pressão	265,27 €	3978	1870
43	11/Set	Nuno Santos	22	1	Fuga na electro válvula lado principiar	20/Set	Carlos Coutinho	Substituição de O-Rings	245,55 €	3682	1731
44	11/Set	Nuno Santos	22	2	Fuga na electro válvula lado principiar	20/Set	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	207,99 €	3119	1466
45	11/Set	Nuno Santos	22	3	Fuga na electro válvula lado principiar	20/Set	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	245,55 €	3682	1731
46	11/Set	Nuno Santos	22	4	Fuga na electro válvula lado principiar	23/Set	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	252,05 €	3780	1777
47	11/Set	Nuno Santos	22	5	Fuga na electro válvula lado principiar	23/Set	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	245,55 €	3682	1731
48	11/Set	Nuno Santos	22	6	Fuga na electro válvula lado principiar	23/Set	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	245,55 €	3682	1731
49	11/Set	Nuno Santos	22	7	Fuga na electro válvula lado principiar	23/Set	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	226,45 €	3396	1596

50	11/Set	Nuno Santos	22	8	Fuga proveniente do interior da secção 8	23/Set	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	292,52 €	4387	2062
51	11/Set	Nuno Santos	22	10	Fuga na electro válvula lado principiar	20/Set	Carlos Coutinho	Substituição de O-Rings	226,45 €	3396	1596
52	11/Set	Nuno Santos	22	10	Fuga na electro válvula lado principiar	20/Set	Carlos Coutinho	Substituição de O-Rings	226,45 €	3396	1596
53	11/Set	Nuno Santos	22	-	Fuga de ar na ventilação do conveyor	23/Set	Carlos Coutinho	Reaperto das junções	320,85 €	4812	2261
55	11/Set	Nuno Santos	22	6	Fuga na Válvula do lado terminar	23/Set	Carlos Coutinho	Substituição de O-Rings	285,61 €	4283	2013
56	19/Set	Nuno Santos	22	8	Fuga na Válvula do lado terminar	23/Set	Carlos Coutinho	Substituição de O-Rings	285,61 €	4283	2013
57	11/Set	Nuno Santos	22	9	Fuga na Válvula do lado terminar	23/Set	Carlos Coutinho	Substituição de O-Rings	285,61 €	4283	2013
58	11/Set	Nuno Santos	22	-	Fuga de ar no "copo" junto ao enformador	23/Set	Sérgio Vale	Substituição do copo	335,41 €	5030	2364
59	11/Set	Nuno Santos	22	-	Fuga de ar no "copo" junto ao enformador	23/Set	Carlos Coutinho	Substituição do copo	285,61 €	4283	2013
60	19/Set	Nuno Santos	21	4	Fuga na válvula que controla o sopro de ar no molde exterior	20/Set	Carlos Coutinho	Reaperto das junções	265,27 €	3978	1870
61	19/Set	Nuno Santos	21	3	Fuga na electro válvula lado principiar	20/Set	Carlos Coutinho	Substituição de O-Rings	190,17 €	2852	1340
62	19/Set	Nuno Santos	21	3	Fuga na electro válvula lado principiar	20/Set	Carlos Coutinho	Substituição de O-Rings	265,27 €	3978	1870

Apêndice B

63	19/Set	Nuno Santos	21	5	Fuga na electro válvula lado principiar	20/Set	Carlos Coutinho	Substituição de O-Rings	226,45 €	3396	1596
64	23/Set	Nuno Santos	24A	1	Fuga na Válvula do lado principiar	26/Set	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	226,45 €	3396	1596
65	23/Set	Nuno Santos	24A	2	Fuga na Válvula do lado principiar	26/Set	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	245,55 €	3682	1731
66	23/Set	Nuno Santos	24A	3	Fuga na Válvula do lado principiar	26/Set	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	265,27 €	3978	1870
67	23/Set	Nuno Santos	24A	4	Fuga na Válvula do lado principiar	26/Set	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	285,61 €	4283	2013
68	23/Set	Nuno Santos	24A	5	Fuga na Válvula do lado principiar	26/Set	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	245,55 €	3682	1731
69	23/Set	Nuno Santos	24A	8	Fuga na Válvula do lado principiar	26/Set	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	245,55 €	3682	1731
70	23/Set	Nuno Santos	24A	8	Fuga na Válvula do lado principiar	26/Set	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	207,99 €	3119	1466
71	23/Set	Nuno Santos	24B	9	Fuga na Válvula do lado principiar	17/Out	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	207,99 €	3119	1466
72	23/Set	Nuno Santos	24B	14	Fuga na Válvula do lado principiar	17/Out	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	226,45 €	3396	1596
73	23/Set	Nuno Santos	24A	3	Fuga na Válvula do lado terminar	26/Set	Carlos Coutinho	Substituição de O-Rings	226,45 €	3396	1596

74	23/Set	Nuno Santos	24B	-	Fuga num regulador, rejeição da XPAR	26/Set	Carlos Coutinho	Reaperto das junções	285,61 €	4283	2013
75	25/Set	Nuno Santos	12	1	Fuga na Válvula do lado terminar	27/Set	Carlos Coutinho	Substituição de O-Rings	245,55 €	3682	1731
76	25/Set	Nuno Santos	12	2	Fuga na Válvula do lado terminar	27/Set	Carlos Coutinho	Substituição de O-Rings	265,27 €	3978	1870
77	25/Set	Nuno Santos	12	3	Fuga na Válvula do lado terminar	27/Set	Carlos Coutinho	Substituição de O-Rings	265,27 €	3978	1870
78	25/Set	Nuno Santos	12	3	Fuga na Válvula do lado terminar	27/Set	Carlos Coutinho	Substituição de O-Rings	265,27 €	3978	1870
79	25/Set	Nuno Santos	12	4	Fuga na Válvula do lado terminar	27/Set	Carlos Coutinho	Substituição de O-Rings	265,27 €	3978	1870
80	25/Set	Nuno Santos	12	4	Fuga na Válvula do lado terminar	27/Set	Carlos Coutinho	Substituição de O-Rings	265,27 €	3978	1870
81	25/Set	Nuno Santos	12	6	Fuga na Válvula do lado terminar	27/Set	Carlos Coutinho	Substituição de O-Rings	285,61 €	4283	2013
82	25/Set	Nuno Santos	12	-	Fuga numa válvula junto ao fim do feeder do lado direito	18/Nov	Jaime Albarino	Reaperto das junções	285,61 €	4283	2013
83	25/Set	Nuno Santos	12	-	Fuga numa válvula junto ao fim do feeder do lado direito	18/Nov	Jaime Albarino	Reaperto das junções	285,61 €	4283	2013
84	03/Out	Nuno Santos	21	-	Fuga no copo (Recuo mão de empurra)	15/Nov	Carlos Coutinho	Substituição do copo	245,55 €	3682	1731
85	03/Out	Nuno Santos	21	6	Fuga na Válvula do lado principiar	07/Out	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	167,43 €	2511	1180

Apêndice B

86	03/Out	Nuno Santos	21	4	Fuga no manómetro que controla o sopro no molde exterior	07/Out	Carlos Coutinho	Substituição do manómetro	265,27 €	3978	1870
87	03/Out	Nuno Santos	21	-	Fuga na ventilação do conveyor junto secção 1	13/Nov	Carlos Coutinho	Reaperto das junções	impossível quantificar		
88	03/Out	Nuno Santos	22	-	Fuga no copo (Recuo mão de empurra)	13/Nov	Carlos Coutinho	Substituição do copo	265,27 €	3978	1870
89	03/Out	Nuno Santos	22	5	Fuga na Válvula do lado principiar	13/Nov	Carlos Coutinho	Substituição de O-Rings	265,27 €	3978	1870
90	03/Out	Nuno Santos	22	1	Fuga na Válvula do lado principiar	13/Nov	Carlos Coutinho	Substituição de O-Rings	265,27 €	3978	1870
91	03/Out	Nuno Santos	23	-	Fuga no regulador que controla o arrefecimento moldes terminar	13/Nov	Carlos Coutinho	Substituição do regulador de pressão	285,61 €	4283	2013
92	03/Out	Nuno Santos	23	7	Fuga de ar de grandes dimensões	10/Nov	Sérgio Vale	Reaperto das junções	(+) 335,4€	5030	2364
93	03/Out	Nuno Santos	23	5	Fuga na Válvula do lado principiar	10/Nov	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	285,61 €	4283	2013
94	16/Out	Nuno Santos	24B	12	Fuga na Válvula do lado principiar	17/Out	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	271,98 €	3119	1466
95	16/Out	Nuno Santos	24B	9	Fuga na Válvula do lado principiar	17/Out	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	271,98 €	3119	1466
96	16/Out	Nuno Santos	24B	11	Fuga na válvula que controla a subida do punção exterior	17/Out	Sérgio Vale	Reaperto das junções	207,99 €	3119	1466

97	16/Out	Nuno Santos	24A	4	Fuga na Válvula do lado principiar	17/Out	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	271,98 €	3119	1466
98	16/Out	Nuno Santos	24A	2	Fuga na Válvula do lado principiar	17/Out	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	271,98 €	3119	1466
99	16/Out	Nuno Santos	24A	1	Fuga na Válvula do lado principiar	17/Out	Sérgio Vale	Substituição de O-Rings	271,98 €	3119	1466
100	16/Out	Nuno Santos	24A	3	Fuga na válvula que controla a subida do punção exterior	17/Out	Sérgio Vale	Reaperto das junções	245,55 €	3682	1731

TOTAL 19 490,45 € 292515 137482

APÊNDICE C

Gastos incorridos com a falta de moldes nas bancadas de reposição

linha	data	min parada	velocidade	peso	kg perdidos	rendimento máquina	vidro fundido	kg vidro bom	% vidro não vendido	€ perdidos
11B	19-Set-11	95	16	466,7	709384	66,4%	85340000	56665760	1,25%	290,85 €
13A	05-Set-11	50	26,5	148,1	196232,5	90,3%	45210000	40824630	0,48%	80,46 €
11B	19-Ago-11	30	23,6	204,2	144573,6	84,5%	69400000	58643000	0,25%	59,28 €
12	12-Ago-11	40	17,3	379,6	262683,2	77,4%	85270000	65998980	0,40%	107,70 €
21	31-Jul-11	30	14,4	487	210384	99,7%	91170000	90896490	0,23%	86,26 €
13B	14-Jul-11	25	26,4	162,5	107250	71,5%	49370000	35299550	0,30%	43,97 €
13B	07-Jul-11	35	26,4	150,8	139339,2	82,6%	45820000	37847320	0,37%	57,13 €
22	30-Jun-11	60	17,3	387,2	401913,6	78,8%	86980000	68540240	0,59%	164,78 €
13A	21-Jun-11	40	26,3	158,8	167057,6	82,5%	48020000	39616500	0,42%	68,49 €
13B	17-Jun-11	45	26,3	152,1	180010,35	63,5%	46000000	29210000	0,62%	73,80 €
24B	14-Jun-11	40	16,7	460,1	307346,8	90,7%	77520000	70310640	0,44%	126,01 €
13A	02-Jun-11	25	26,3	155,9	102504,25	86,1%	47140000	40587540	0,25%	42,03 €
13B	28-Mai-11	35	26,3	155,9	143505,95	87,9%	47140000	41436060	0,35%	58,84 €
24B	15-Mai-11	15	18,5	348,6	96736,5	90,1%	74290000	66935290	0,14%	39,66 €
12	09-Mai-11	60	15,1	500,8	453724,8	90,2%	98080000	88468160	0,51%	186,03 €
23	04-Mai-11	10	26,3	159,6	41974,8	92,6%	48260000	44688760	0,09%	17,21 €
22	02-Mai-11	48	30	78,5	113040	75,3%	33910000	25534230	0,44%	46,35 €
21	14-Abr-11	25	15	580,8	217800	72,5%	125450000	90951250	0,24%	89,30 €
24B	13-Abr-11	40	18,3	398,7	291848,4	80,6%	83820000	67558920	0,43%	119,66 €

21	25-Mar-11	20	14,6	752,5	219730	90,8%	17470000	15862760	1,39%	90,09 €
21	17-Fev-11	15	14	764,6	160566	90,5%	107900000	97649500	0,16%	65,83 €
13A	12-Fev-11	30	26,3	153,9	121427,1	96,0%	46540000	44678400	0,27%	49,79 €
23	12-Fev-11	15	14,8	597,4	132622,8	84,8%	63660000	53983680	0,25%	54,38 €
13A	07-Fev-11	70	26,3	154,7	284802,7	84,6%	46780000	39575880	0,72%	116,77 €
13B	24-Jan-11	15	26,3	134,8	53178,6	77,6%	40760000	31629760	0,17%	21,80 €
23	19-Jan-11	25	16,3	391,4	159495,5	86,1%	64250000	55319250	0,29%	65,39 €

5419,13

1398712,55

2 221,84 €

linha	data	min parada	velocidade	peso	kg perdido	Rendimento máquina	vidro fundido	kg vidro bom	% vidro não vendido	€ perdidos
11A	05-Dez-12	25	27	149,6	100980	92,4%	58160000	53739840	0,19%	41,40 €
11A	03-Dez-12	10	27	149,9	40473	84,8%	58280000	49421440	0,08%	16,59 €
11B	03-Dez-12	240	27	148,7	963576	83,5%	57810000	48271350	2,00%	395,07 €
22	18-Nov-12	122	30	76,2	278892	56,0%	32920000	18435200	1,51%	114,35 €
11A	09-Nov-12	20	26,8	149,8	80292,8	86,7%	57810000	50121270	0,16%	32,92 €
23	05-Out-12	35	17,3	326	197393	84,6%	64780000	54803880	0,36%	80,93 €
13B	02-Out-12	118	15,7	417,2	772904,72	77,5%	66080000	51212000	1,51%	316,89 €
13A	23-Ago-12	15	26,5	149,4	59386,5	54,8%	45610000	24994280	0,24%	24,35 €
11B	21-Ago-12	25	25,6	143	91520	80,9%	52720000	42650480	0,21%	37,52 €
13B	17-Ago-12	35	26,5	147,2	136528	89,8%	44940000	40356120	0,34%	55,98 €
13B	13-Ago-12	30	26,5	150,9	119965,5	78,0%	46070000	35934600	0,33%	49,19 €
13A	12-Ago-12	105	26,5	151,7	422105,25	85,4%	46310000	39548740	1,07%	173,06 €
13B	12-Ago-12	210	26,5	151,2	841428	89,8%	46160000	41451680	2,03%	344,99 €
22	09-Ago-12	45	15	499,4	337095	89,8%	86300000	77497400	0,43%	138,21 €
22	09-Ago-12	10	15	499,4	74910	89,8%	86300000	77497400	0,10%	30,71 €

Apêndice C

13A	28-Jul-12	30	26,5	151,3	120283,5	87,0%	46190000	40185300	0,30%	49,32 €
13A	26-Jul-12	12	26,5	152,7	48558,6	85,4%	46620000	39813480	0,12%	19,91 €
22	23-Jul-12	50	17,4	387	336690	81,7%	96970000	79224490	0,42%	138,04 €
24A	09-Abr-12	35	17,3	398,3	241170,65	91,6%	79150000	72501400	0,33%	98,88 €
22	06-Abr-12	10	13,4	505	67670	85,1%	97440000	82921440	0,08%	27,74 €

5331,8

1020581,8

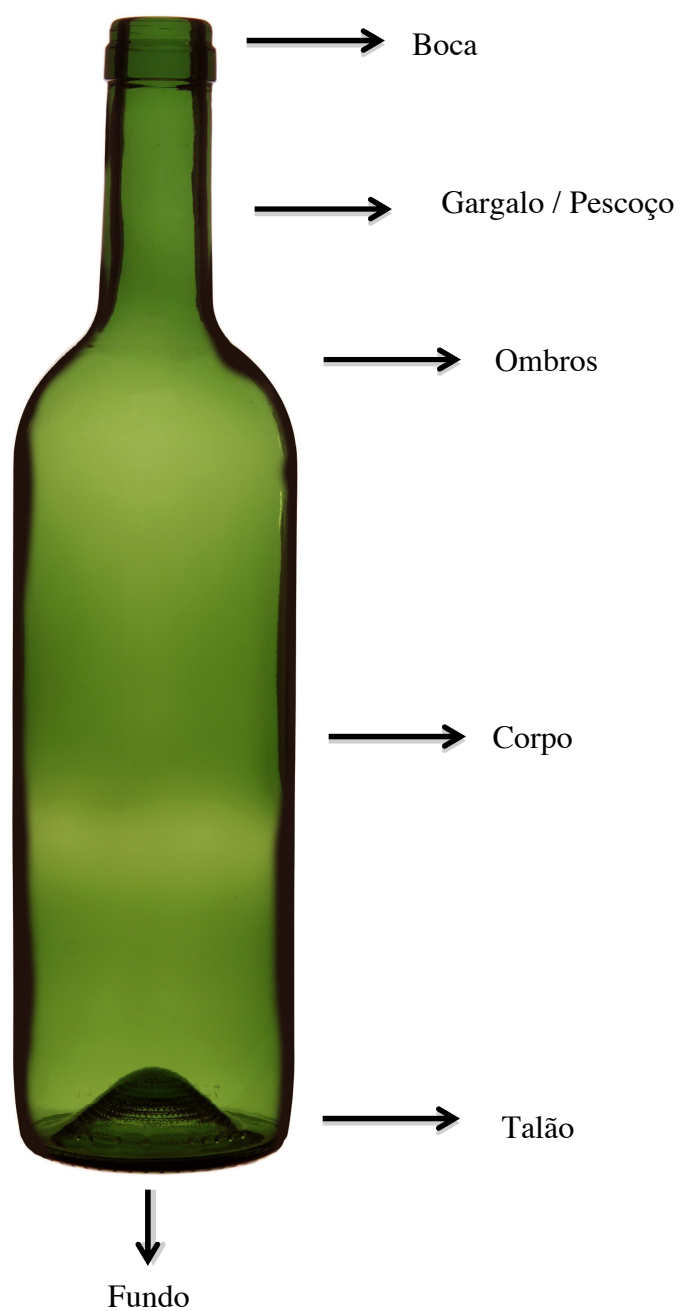
2 186,05 €

linha	data	min parada	velocidade	peso	kg perdido	Rendimento máquina	vidro fundido	kg vidro bom	% vidro não vendido	€ perdidos
13A	21-Jan-13	20	26,6	141	75012	83,1%	43370000	36040470	0,21%	30,75 €
11B	26-Jan-13	50	27	150	202500	92,4%	58510000	54063240	0,37%	83,03 €
21	18-Fev-13	30	13,9	765	319005	83,3%	106440000	88664520	0,36%	130,79 €
24A	27-Mar-13	40	17,7	385	272580	87,3%	69580000	60743340	0,45%	111,76 €
11A	15-Abr-13	50	27,2	154	209440	87,5%	60950000	53331250	0,39%	85,87 €
21	08-Mai-13	60	13,8	478	395784	85,4%	50800000	43383200	0,91%	162,27 €
21	08-Mai-13	60	13,8	478	395784	85,4%	50800000	43383200	0,91%	162,27 €
23	09-Mai-13	35	25,8	171	154413	89,9%	50900000	45759100	0,34%	63,31 €
11A	10-Mai-13	30	27,2	152	124032	93,0%	60280000	56060400	0,22%	50,85 €
21	16-Mai-13	30	14,2	500	213000	54,0%	86690000	46812600	0,46%	87,33 €
21	17-Mai-13	60	14,2	500	426000	83,1%	103100000	85676100	0,50%	174,66 €
21	17-Mai-13	25	14,2	500	177500	83,1%	103100000	85676100	0,21%	72,78 €
24B	18-Mai-13	20	26,3	159	83634	88,5%	48750000	43143750	0,19%	34,29 €
22	05-Jun-13	90	16,3	770	1129590	88,8%	70230000	62364240	1,81%	463,13 €
13B	13-Jun-13	15	25	168	63000	88,9%	49220000	43756580	0,14%	25,83 €
13A	27-Jun-13	20	26,5	142	75260	88,6%	45270000	40109220	0,19%	30,86 €

13A	28-Jun-13	20	26,5	142	75260	87,0%	45360000	39463200	0,19%	30,86 €
12	14-Jul-13	50	17,1	432	369360	92,3%	96070000	88672610	0,42%	151,44 €
11A	29-Jul-13	90	24,3	202	441774	93,4%	71100000	66407400	0,67%	181,13 €
12	16-Ago-13	15	15,6	452	105768	91,9%	91710000	84281490	0,13%	43,36 €
					5309				1167792	2 176,57 €

APÊNDICE D

Constituição de uma Garrafa de Vidro



APÊNDICE E

Resultados da Simulação para o cenário existente

Simulation Object	Performance Measure	-95%	Average	95%
Bancada Reposição	Minimum Queue Size	0	0	0
	Average Queue Size	2.42048	2.64943	2.87837
	Maximum Queue Size	9.10587	9.46667	9.82746
	Average Queuing Time	34.68895	36.20995	37.73096
	Average (Non-zero) Queuing Time	51.98807	54.2685	56.54893
	Maximum Queuing Time	147.4909 1	153.8864 1	160.2819
	Number of Non-zero Queuing Times	312.5624 9	342.5266 7	372.4908 4
	St Dev of Queuing Time	35.54422	37.06842	38.59262
	Current Contents	1.43203	2.01333	2.59464
	Items Entered	465.7195 5	510.1866 7	554.6537 8
Máq IS MB	Number Completed Jobs	478.3762 3	521.7066 7	565.0371 1
	Average Use	10.94947	11.96202	12.97458
	Maximum Use	20	20	20
	Current Contents	6.4478	7.94	9.4322
Operário MB	Utilization %	96.03257	96.46353	96.89449
	Minimum Use	0.01725	0.05333	0.08941
	Current Use	0.91947	0.95333	0.9872
	Average Use	0.96033	0.96464	0.96894
	Maximum Use	1	1	1

Reposição MB	Waiting %	7.20431	9.70332	12.20233
	Working %	0.53772	0.58911	0.6405
	Blocked %	15.10186	18.82464	22.54742
	Number Completed Jobs	77.69056	85.11333	92.5361
	Minimum Use	0	0	0
	Average Use	0.75484	0.9036	1.05236
	Maximum Use	6	6	6
	Current Contents	0.78604	1.07333	1.36063
	Resource Starved %	67.04074	70.88293	74.72513
Recolha MB	Waiting %	51.96751	55.91113	59.85475
	Working %	3.61171	3.96918	4.32665
	Number Completed Jobs	43.4786	47.82	52.1614
	Average Use	0.37637	0.41407	0.45177
	Maximum Use	23.23462	24.48	25.72538
	Current Contents	0	0.20667	0.44933
	Resource Starved %	36.52585	40.11969	43.71353

Resultados da Simulação com a implementação do Sistema GlassSoft

Simulation Object	Performance Measure	-95%	Average	95%
Máq IS MB	Number Completed Jobs	862.82304	863.92667	865.0303
	Average Use	19.99697	19.99723	19.99749
	Maximum Use	20	20	20
	Current Contents	20	20	20
Operário MB	Utilization %	19.1358	19.17497	19.21415
	Current Use	0.15944	0.22667	0.29389
	Average Use	0.19136	0.19175	0.19214
	Maximum Use	1	1	1
Reposição MB	Working %	11.98858	12.0056	12.02262
	Stopped %	85.5844	85.6412	85.69799
	Number Completed Jobs	863.18848	864.41333	865.63819
	Average Use	0.11959	0.12018	0.12077
	Maximum Use	1	1	1
	Current Contents	0.08428	0.14	0.19572
	Resource Starved %	2.29783	2.3532	2.40858
Recolha MB	Waiting %	92.55884	92.59131	92.62377
	Working %	7.13696	7.16937	7.20179
	Number Completed Jobs	86.24933	86.38	86.51067
	Average Use	0.71179	0.71704	0.72229
	Maximum Use	10	10	10
	Current Contents	0.41491	0.86667	1.31842
	Resource Starved %	0.2329	0.23932	0.24575