

Redução do consumo de vidro nas linhas de enchimento de uma unidade cervejeira

Miguel Ângelo da Silva Duarte

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Bernardo Almada-Lobo



Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

2016-06-23

Aos meus Pais e Irmão

Resumo

O presente projeto, no âmbito da melhoria contínua, tem como principal motivação a redução do consumo de garrafas de vidro nas linhas de enchimento da UNICER – Bebidas S.A., na unidade fabril de Leça do Balio. Surgiu da necessidade de minimizar os elevados custos causados pela quebra de garrafas durante o processo de enchimento.

Durante o projeto, foi estudado o processo de enchimento de garrafas de tara perdida. Foram identificadas e avaliadas as principais causas contribuintes para o desperdício de garrafas que revelam um potencial de melhoria. A primeira causa trabalhada foi a excessiva rejeição de garrafas sem defeitos nos inspetores de vazio, despoletada sobretudo por problemas nos equipamentos. Para combater este problema, foi dada formação aos operadores sobre defeitos de garrafas, e foram criados e implementados procedimentos uniformizados nas linhas. A segunda causa abordada foi a excessiva rejeição de garrafas por falta de cápsula ou nível de bebida, um problema diretamente relacionado com anormalidades no funcionamento dos inspetores de garrafas cheias. Para atacar esta causa, foi enfatizada a necessidade da resolução dos problemas de funcionamento destes equipamentos, e foi criado um procedimento *standard* que visa a redução de processamento defeituoso. Com vista à redução do consumo de vidro, foi ainda modelado um processo de reaproveitamento de garrafas de tara perdida provenientes de diversas fontes; realizou-se uma análise de viabilidade económica de uma parte deste processo. Por fim, foram identificados problemas relativos ao processo de despaletização e rotulagem, e para cada um foram apresentadas propostas de solução.

Não foi possível acompanhar nem medir o impacto da aplicação de *standards* nos inspetores de vazio, devido à implementação tardia. O que se prevê, contudo, é que a solução aplicada estabilize o problema e se traduza numa redução das quebras. O mesmo se prevê aquando da implementação dos procedimentos *standard* dos inspetores de cheio. Em relação ao processo de reaproveitamento de garrafas, provou-se que a sua aplicação tem potencial para reduzir a necessidade de compra de matérias-primas.

Reduction of Glass Consumption in the Filling Lines of a Brewing Unit

Abstract

The current dissertation project is focused on the continuous improvement concepts and aims to reduce the glass bottles' consumption, on UNICER's bottling lines. The project comes from the need of minimizing the current costs caused by the waste of glass bottles during the filling process.

During this project, the whole process of bottling was studied, in order to identify and evaluate the main causes of the glass waste. A particular group of causes, which revealed an opportunity for improvement, was chosen and analyzed. The first cause was the excessive rejection of bottles without any defects on the empty bottle inspectors. In order to overcome this issue, the employees have been taught about bottle defects, and standardized processes were created and implemented on the bottling lines. The second cause was the excessive rejection of bottles without capsule or underfill/overfill problems, which are directly related to issues regarding the filling management system. In order to solve this problem, the need of mobilizing efforts to overcome the issues related to the equipments was emphasized, and a new standard procedure has been developed, which aims to reduce the defective products processing. Regarding the reduction of glass consumption, a new process was modeled. It involves the reutilization of bottles coming from different sources; an economical analysis regarding a part of this process was also performed. Last but not least, problems regarding the labeling and depaletizing processes were identified. Improvement measures were presented for each of these problems.

The impact on the empty bottle inspector solution could not be measured due to its late implementation. Nevertheless, it is expected that the solution will stabilize the problem, and ultimately reduce the loss. The same applies to the solutions developed for the filling management system. Regarding the bottle reutilization process, it has been proved that its application may reduce the need for raw materials.

Agradecimentos

Ao Dr. Paulo Magalhães, orientador da minha dissertação na UNICER, por todo o apoio prestado, disponibilidade e paciência.

Ao Professor Bernardo Almada-Lobo, pelos conselhos dados e pela orientação.

Ao Miguel Beira e ao João Manoel, por toda a disponibilidade, paciência e incondicional apoio na realização da presente dissertação, mas sobretudo pela amizade.

Ao Pedro Costa Pereira, Rui Almeida, Filipe Nogueira, Paulo Teixeira, Albino Marques, Licínio, à Fátima e à Isabel por toda a ajuda prestada, pelo apoio na integração, pelos bons momentos passados, mas sobretudo por nunca me terem faltado com nada.

Aos meus pais e ao meu irmão, por todo o apoio prestado, e por terem tornado tudo isto possível.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação.....	1
1.2	A UNICER.....	1
1.3	Projeto.....	2
1.4	Metodologia.....	2
1.5	Estrutura da dissertação	3
2	Revisão bibliográfica	4
2.1	Introdução ao <i>lean thinking</i>	4
2.2	Ferramentas <i>lean</i>	5
2.3	<i>Standards</i>	10
2.4	Qualidade.....	11
2.5	Processos	13
3	Apresentação do problema	14
3.1	O Processo de enchimento de garrafas.....	14
3.2	Linhas de enchimento de garrafas TP.....	15
3.3	Garrafas de vidro.....	21
3.3.1	Principais características e propriedades	22
3.3.2	Processo de fabrico	22
3.3.3	Garrafas defeituosas.....	22
3.4	Quebra de garrafas no processo de enchimento	23
4	Causas estudadas e oportunidades de melhoria.....	26
4.1	Rejeições no EBI.....	27
4.1.1	Falsas rejeições.....	28
4.1.2	Comparação da <i>performance</i> por linha e tipo de garrafa.....	30
4.1.3	Situação atual	30
4.1.4	Medidas de resolução.....	32
4.2	Rejeições no FMS	33
4.2.1	Situação atual	35
4.2.2	Medidas de resolução.....	37
4.3	Reaproveitamento de garrafas na linha 5	38
4.3.1	Mapeamento do novo processo.....	39
4.3.2	Comparação de custos face ao uso de garrafa nova	39
4.4	Outros problemas identificados.....	42
4.4.1	Redução das rejeições no processo de rotulagem	42
4.4.2	Problemas com as paletes do tipo de garrafa “Cristal 1L TP”.....	44
5	Conclusões e perspetivas de trabalho futuro.....	46
5.1	Soluções propostas.....	46
5.2	Limitações.....	48
5.3	Sugestões de trabalho futuro	49
	Referências	51
ANEXO A:	<i>Layout</i> da linha 6 (piso superior)	53
ANEXO B:	Exemplos de defeitos de garrafas	54
ANEXO C:	POS – Verificar a existência de problemas no EBI	55
ANEXO D:	POS – Verificar a existência de problemas de nível	56
ANEXO E:	Matriz responsabilidade do processo “Recuperar garrafa”	57
ANEXO F:	Consumos – arranque e operação da lavadora da linha 5	58

Siglas

AQL – *Acceptable Quality Limit*

EBI – *Empty Bottle Inspector*

FMS – *Filler Management System*

GEA – Garrafas Enviadas para o Armazém

GRA – Garrafas Recebidas do Armazém

JB – Jornal de Bordo

KPI – *Key Performance Indicator*

MES – *Manufacturing Execution System*

OF – *Overfill*

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

POS – *Procedimento Operacional Standard*

SAP – *Systems, Applications & Products*

SDCA – *Standardize, Do, Check, Act*

SKU – *Stock Keeping Unit*

TBP – *Toyota Business Practice*

TME – Técnico de Manutenção Elétrica

TP – Tara Perdida

TQC – *Total Quality Control*

TQM – *Total Quality Management*

TR – Tara Retornável

TSP – Técnico Superior de Produção

UF – *Underfill*

Índice de Figuras

Figura 1 – Representação do ciclo PDCA. Fonte: (Imai 2012).....	6
Figura 2 – Representação do ciclo SDCA. Fonte: (Imai 2012).....	7
Figura 3 – Melhoria em função da aplicação de ciclos SDCA e PDCA. Fonte: (Imai 2012)....	8
Figura 4 – Diagrama de Ishikawa genérico	12
Figura 5 – Etapas do processo de enchimento de garrafas TP	14
Figura 6 – Transportador com 6 pistas e bicos injetores de lubrificante.....	15
Figura 7 – Palete de garrafas vazias (esquerda) e despaletizadoras da linha 6 (direita).....	16
Figura 8 – Inspetor de garrafas vazias da linha 6	17
Figura 9 – Módulo da enchedora da linha 6	18
Figura 10 – FMS da linha 6.....	18
Figura 11 – Pasteurizador da linha 6	19
Figura 12 – Rótulo, contra-rótulo, gargantilha e marcação.....	20
Figura 13 – Paletes de produto acabado já etiquetadas	21
Figura 14 – Nomenclatura das garrafas de vidro, in “IPQ, NP3548 - Vidro de embalagem: Vocabulário, 1988”.....	21
Figura 15 – Representação esquemática do desperdício no processo de enchimento.....	23
Figura 16 – Análise das principais causas da quebra de garrafas nas linhas de enchimento ...	26
Figura 17 – Sujidade causada por lubrificação excessiva, no EBI #1 da linha 5	28
Figura 18 – Espuma no fundo de uma garrafa	29
Figura 19 – Garrafa com defeito menor visual “corpo martelado”	29
Figura 20 – Mesa de rejeição do EBI da linha 6	31
Figura 21 – <i>Interface</i> do EBI da linha 6	31
Figura 22 – Interface do FMS da linha 6.....	35
Figura 23 – Gráfico de comparação de custos de enchimento	41
Figura 24 – <i>Layout</i> do carrossel da rotuladora	42
Figura 25 – Nova disposição da inspeção de rótulo	43
Figura 26 – Palete de garrafas normal (com intercalar no topo)	44
Figura 27 – Paletes de garrafa “Cristal 1L TP” do fornecedor X.....	44

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Resumo da quebra de garrafas por tipo (2015).....	24
Tabela 2 – Resumo da quebra de garrafas por linha (2015).....	24
Tabela 3 – Estimativa das rejeições dos EBIs (de 1jan a 30abr 2016).....	27
Tabela 4 – Quebra de garrafas total e rejeições nos EBIs, por linha (de 1jan a 30abr 2016)...	27
Tabela 5 – Comparação da <i>performance</i> dos EBIs por garrafa (de 1jan a 30abr 2016)	30
Tabela 6 – Estimativas de <i>targets</i> para os inspetores de vazio.....	33
Tabela 7 – Estimativa das rejeições no inspetor de cheio #2 (de 1jan a 30abr 2016)	36
Tabela 8 – Resumo dos custos associados ao enchimento com garrafa reaproveitada	41
Tabela 9 – Análise de cenários na despaletização de paletes sem intercalar no topo	45

1 Introdução

A presente tese de mestrado, no âmbito do 5º e último ano do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão e ligada à área de melhoria contínua, foi realizada em conjunto com a UNICER – Bebidas S.A., empresa portuguesa cujo *core business* é a produção e a comercialização de cerveja, bem como outras bebidas.

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

A globalização da economia, a par do rápido surgimento de novas e cada vez mais complexas tecnologias, conduz inevitavelmente a um aumento da competitividade das empresas. De forma a garantirem a cada vez mais exigente satisfação dos seus clientes, e por conseguinte a sua sustentabilidade, as empresas são então levadas a adotar uma visão orientada para a melhoria contínua, eliminação de desperdícios e qualidade e diferenciação dos seus produtos e serviços. Só com orientação e trabalho focado nestes objetivos é que as empresas adquirem vantagens competitivas, que são fundamentais para se posicionarem com solidez nos mercados onde atuam.

A área de negócio das cervejas em Portugal não foge às constatações supramencionadas. É constituída por dois grandes *players*: a UNICER, líder de mercado, e a Sociedade Central de Cervejas. Estas, em conjunto, detêm cerca de 90% da quota de mercado no sector. As duas empresas aproveitam as economias de escala, que advêm das suas dimensões, para competir por preços mais baixos. Desta forma criam barreiras à entrada de novas empresas no setor.

O clima de recessão e a instabilidade que ainda se vive em Portugal e no Mundo faz-se sentir no sector, refletindo-se numa quebra geral de vendas de cervejas, refrigerantes e águas. Nestas circunstâncias, torna-se evidente que as empresas têm de procurar ser cada vez mais eficientes para conseguirem superar as dificuldades. E para tal, a redução de desperdícios e o *lean thinking* tomam um papel preponderante.

1.2 A UNICER

A UNICER, União Cervejeira, é atualmente a maior empresa no setor de bebidas em Portugal. Conta com cerca de 1350 colaboradores distribuídos por 11 instalações do Norte a Sul do país, e é considerada uma referência no setor onde atua. As suas principais atividades são a produção, engarrafamento e venda de cervejas e águas, marcando também presença no mercado dos refrigerantes e vinhos, na produção e comercialização de malte, e ainda no negócio do turismo, detendo instalações de referência no Norte do país: o *Hotel Vidago Palace* em Vidago, e as *EcoHouses* em Pedras Salgadas.

Os dois principais grupos acionistas da empresa são a *Carlsberg* (44%) e a *Viacer* (56%). A Holding *Viacer* é, por sua vez, constituída por três grupos portugueses – *Violas* (46,5%); *Arsopi* (28,5%) e *BPI* (25%).

De entre os *stakeholders* da UNICER, os mais importantes são os seus clientes, acionistas e a comunidade. A missão da empresa é garantir a confiança e remuneração dos seus acionistas, ser sempre o parceiro favorito dos clientes, e obter reconhecimento e valorização por parte da comunidade. No que toca à visão, a empresa pretende ser, onde quer que esteja, a primeira escolha.

A par da produção para o mercado interno, a internacionalização é uma das frentes de constante crescimento e preocupação na UNICER. Atualmente, a empresa exporta produtos pela Europa, África, América, Ásia e Oceânia. O país com mais peso nas exportações até 2014 era Angola, absorvendo cerca de um terço da produção total de cerveja. No entanto, a recente crise angolana, causada sobretudo pela instabilidade dos preços do petróleo, levou a uma quebra considerável da venda de produtos para o país africano. Esta situação é preocupante, e levou a uma adequação da estrutura da empresa, da qual resultou o encerramento da fábrica Rical em Santarém, considerada economicamente insustentável, dando lugar à subcontratação para a produção de refrigerantes.

A reestruturação levou também a que o pólo industrial de Leça do Balio (pólo I), onde o projeto foi desenvolvido, se tornasse o principal responsável pela produção e enchimento de cervejas. Nos últimos anos, a fábrica foi alvo de investimentos, designadamente o alargamento da área fabril, e a construção de um armazém automático.

A unidade industrial de Leça conta com seis linhas de enchimento de cerveja em garrafa e barril. Estas linhas de produção são geridas pelas pessoas da área do enchimento, pertencentes ao departamento de produção.

1.3 Projeto

O crescimento da UNICER registado nas últimas décadas, aliado à ampliação e modernização das suas unidades fabris para fazer face ao aumento de uma procura crescentemente exigente, levantou novos desafios a nível de redução de desperdícios. As linhas de enchimento, no processo de transformação das matérias-primas em produto acabado, introduzem inevitavelmente desperdícios.

As garrafas de vidro, materiais de embalagem mais importantes na unidade de Leça do Balio representam uma parte considerável deste desperdício. E este problema, fruto de inúmeras causas, reflete-se em custos anuais significativos. Neste contexto, surge a necessidade de estudar estas causas, por forma a conseguir combatê-las e reduzir as perdas.

O presente projeto tem como objetivo primordial a identificação de fatores que contribuam para a quebra de garrafas, e o desenvolvimento de soluções que os reduzam ou eliminem, contribuindo assim para a minimização do desperdício e dos seus custos associados.

1.4 Metodologia

O projeto começou, nas primeiras semanas, com um estudo intensivo do processo produtivo, por forma a compreender o seu funcionamento na globalidade, e assim permitir a realização das fases seguintes, que de outra forma seriam impossíveis. Os primeiros dias foram também fulcrais no que toca à integração, bem como à adaptação aos valores e cultura da empresa. O problema foi abordado segundo os passos seguintes:

1. Diagnóstico da situação atual e identificação de causas raiz – esta primeira fase consistiu em levar a cabo uma série de ações, por forma a compreender o problema na globalidade e as suas dimensões, bem como as suas principais causas.

2. Planeamento de ações para eliminar as causas identificadas – foram nesta fase desenvolvidas medidas para combater o problema em algumas frentes, com o objetivo de atenuar (e em certos casos até mesmo eliminar) algumas das principais causas.

3. Avaliação e discussão de resultados – a última fase consistiu na avaliação dos resultados obtidos das medidas que foram efetivamente implementadas, bem como na discussão de eventuais resultados que possam vir a ser obtidos aquando da implementação das soluções propostas que não chegaram a ser implementadas.

Paralelamente a estas ações, e sobretudo numa fase inicial, foi realizada uma pesquisa teórica, que teve como objetivo o estudo e consolidação dos conceitos que se relacionam com o problema, bem como o contacto com abordagens e perspetivas de outros autores que tenham desenvolvido projetos nos quais foram combatidos problemas de alguma forma semelhantes ao problema abordado na presente dissertação.

1.5 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos, brevemente descritos abaixo:

1. Introdução – no presente capítulo, é dada a conhecer a empresa e as considerações iniciais, bem como uma introdução ao problema abordado e aos passos seguidos para o atacar.

2. Revisão bibliográfica – o segundo capítulo tem como objetivo dar a conhecer os principais conceitos, ferramentas e práticas no âmbito do projeto.

3. Apresentação do problema – nesta fase, é apresentado o processo produtivo de uma forma aprofundada, bem como uma introdução à natureza e características das garrafas de vidro, o material central no âmbito do problema. Findo isto, é explicado de uma forma mais detalhada o problema na globalidade e de que forma foi abordado.

4. Causas estudadas e oportunidades de melhoria – no penúltimo capítulo, são discriminadas as principais causas identificadas que contribuem para as quebras de garrafas. São apresentadas propostas soluções para atenuar um grupo de causas que revelou um elevado potencial de melhorias.

5. Conclusões e perspetivas de trabalho futuro – a dissertação termina com a avaliação das medidas que foram efetivamente implementadas. É realizada uma análise e discussão sobre as melhorias que poderão surgir da implementação das restantes medidas propostas. São ainda referidas as limitações sentidas na realização do projeto, e são apresentadas ideias para trabalhos futuros.

2 Revisão bibliográfica

O presente capítulo expõe um conjunto de conceitos que de alguma forma se relacionam com o presente projeto, constituindo assim uma base teórica para o sustentar. São ainda expostas as ferramentas utilizadas no seu decorrer.

Os primeiros dois subcapítulos constituem uma introdução ao conceito de *lean thinking*, um dos pilares da presente dissertação, bem como às ferramentas *lean* utilizadas no projeto. O terceiro subcapítulo apresenta a ideia de *standards* e dos benefícios da sua implementação. A revisão do conceito de qualidade, uma temática com importância global no projeto, é o foco do quarto subcapítulo. Finalmente, faz-se uma apresentação da definição de processo, bem como uma breve abordagem à modelação de processos.

2.1 Introdução ao *lean thinking*

Para uma perceção clara dos conceitos *lean*, e da sua importância, é necessária uma compreensão do contexto histórico que motivou o seu aparecimento.

A época do pós-segunda guerra mundial foi marcada por uma enorme escassez de recursos materiais, financeiros e humanos. Face a esta realidade, líderes industriais japoneses da altura, como Toyoda, Shiego e Taiichi Ohno, responderam a estes desafios ao elaborar um novo conceito de sistema de produção, orientado para o processo, que se conhece hoje como *Toyota Production System* (TPS) (Abdulmalek e Rajgopal 2007).

De acordo com Sugimori et al. (1977), o TPS baseia-se em dois conceitos-chave:

- Redução de custos conseguida pela eliminação de desperdícios;
- O aproveitamento total das capacidades dos trabalhadores.

Da extensão da ideia-base do TPS, surgiu o mais genérico conceito de *lean thinking*. Atualmente, é uma filosofia cada vez mais utilizada no contexto industrial, e toma este nome por providenciar, essencialmente, formas de criar mais com menos – mais valor com menos capital, menos recursos humanos, menos equipamento, bem como menos tempo e espaço. Este pensamento pode ser sumariado em cinco princípios (Womack e Jones 2003):

- Especificar valor de uma forma precisa por cada produto;
- Identificar a cadeia de valor para cada produto;
- Fazer o valor fluir sem interrupções;
- Deixar que seja o cliente a puxar (*pull*) o valor do produtor;
- Perseguir a perfeição.

Segundo Jon, Detty e Sottile Jr (2000), a produção *lean* tem três grandes objetivos:

- Máxima satisfação do cliente – este objetivo divide-se em duas partes: a primeira é dar aos clientes produtos com a combinação de qualidade, funcionalidade e preço que leva à sua máxima satisfação. A segunda envolve requisitos rigorosos nas entregas do produto ao cliente, providenciando a quantidade de produto procurada atempadamente.

- Eliminação total de desperdício – cada passo nos processos é escrutinado, por forma a garantir que este adiciona valor, da perspetiva do cliente. Qualquer operação que resulte em valor não acrescentado é considerado desperdício, também conhecido por *muda*, e ações são então tomadas para eliminar essa fonte de desperdício.

- Máximo respeito pela dignidade humana no processo produtivo – as empresas com pensamento *lean* vêem o capital humano como seu maior ativo. Como tal, procuram constantemente proporcionar um ambiente de trabalho seguro e que deixe os operadores satisfeitos. As pessoas são mais valorizadas pelas suas mentes do que pelas suas mãos. É esperado que façam contribuições a nível intelectual para o desenvolvimento do processo, tanto para sua realização pessoal como também para o benefício da empresa.

O *lean manufacturing*, de acordo com Feld (2000), está focado na criação de um sistema de produção que seja robusto, responsivo, flexível, previsível e consistente. Isto faz com que toda a operação de fabrico esteja focada em melhoria contínua, por uma mão-de-obra que sabe o que fazer, e seja guiada por medidas baseadas nos *outputs*, alinhadas com critérios relativos à *customer performance*.

2.2 Ferramentas *lean*

A aplicação do *lean thinking* é suportada por ferramentas e metodologias. Ao entender estes princípios e a relação entre cada um deles, os gestores estão aptos para dar uso às técnicas e ferramentas *lean*. Entre os pontos seguintes, encontram-se os conceitos e ferramentas *lean* relacionados com o projeto desenvolvido.

Kaizen

A palavra *kaizen* vem do japonês, e traduz-se literalmente como “mudar para melhor”. É visto como uma filosofia que assume que o estilo de vida das pessoas – seja no contexto de trabalho, social, ou de casa – se deve focar em esforços de melhoria contínua. Estas mudanças são sobretudo pequenas e incrementais, mas apesar disso, ao longo do tempo fazem-se notar com mudanças significativas nos resultados finais. Abdullah (2003) define o termo *kaizen* como uma abordagem sistemática para a melhoria gradual, ordenada e contínua.

Ao longo dos tempos, o termo tem vindo a ser cada vez mais aceite como um conceito central na gestão das organizações. É uma das mais importantes filosofias constituintes do *lean thinking*, sendo um dos caminhos mais utilizados para a otimização e melhoria contínua de processos. A Toyota foi a primeira organização a adaptar o conceito *kaizen* à realidade dos seus processos, apontando como prioridades o cliente, a qualidade, custo e entrega.

Ao rever literatura, Paul Brunet e New (2003) verificaram que vários autores abordam conceitos-chave diferentes, mas a maioria enfatiza as três noções chave seguintes:

1. É contínuo: o que exprime ao mesmo tempo a natureza da prática e o seu lugar numa jornada sem fim, em direção à qualidade e eficiência;
2. É maioritariamente uma prática incremental dada a sua natureza, em contraste com a implementação de grandes reorganizações iniciadas pela gestão, ou de inovações tecnológicas (por exemplo, a instalação de nova maquinaria);
3. É participativo, vinculando o envolvimento e a inteligência da mão-de-obra, gerando benefícios psicológicos e na qualidade trabalho-vida dos funcionários.

Coimbra (2013) refere que as pessoas com mentalidade orientada para o crescimento são as mais propícias a adotar o *kaizen*, por terem vontade de trocar os seus velhos hábitos por outros novos e melhores. Estas pessoas mostram vontade de aprender e aceitar ideias novas, estando receptivas a mudanças para melhor.

Como a ideia de *kaizen* está diretamente associada a melhoria, é necessário ter em conta as atividades que mais precisam de ser trabalhadas. E a resposta a isto assenta sobre três pilares: qualidade, custo, e entrega (QCD¹). Qualidade não se refere apenas aos produtos/serviços finais, mas também aos processos que lhes dão origem. Custo refere-se aos recursos gastos em desenhar, produzir e vender/oferecer os produtos/serviços. Entrega significa garantir a disponibilidade dos produtos/serviços requeridos a tempo (Imai 2012).

Ciclos PDCA e SDCA

De acordo com Imai (2012), a gestão, no ocidente, dá um grande valor à inovação: mudanças dramáticas resultantes de avanços tecnológicos. Por outro lado, a gestão, do ponto de vista japonês, assume dois papéis fundamentais:

- Melhorar: a gestão deve mobilizar recursos para levar a cabo atividades de melhoria, a nível tecnológico e operacional, que elevem os atuais *standards*;
- Manter: a gestão deve ainda levar a cabo atividades destinadas a manter as atuais boas práticas, através de treino e disciplina; o seu principal papel é garantir que toda a gente pode seguir procedimentos operacionais *standard*;

Para estes dois papéis fundamentais da gestão, existem duas ferramentas correspondentes – os ciclos PDCA e SDCA, respetivamente, abaixo descritas.

O ciclo *plan-do-check-act* (PDCA), ilustrado na Figura 1, atua como um veículo que garante a continuidade da filosofia *kaizen* no que toca à melhoria.

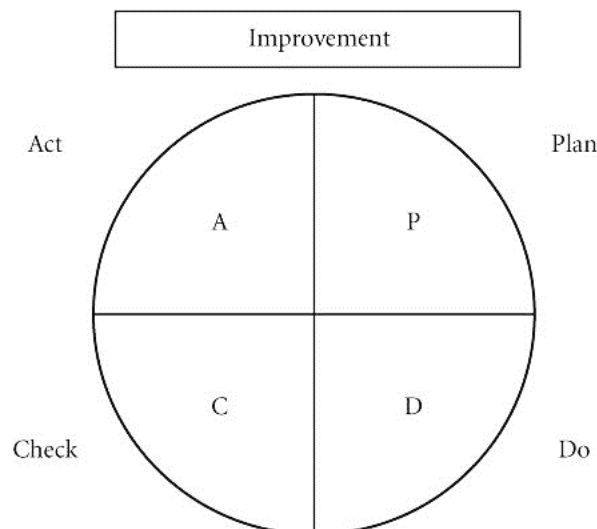


Figura 1 – Representação do ciclo PDCA. Fonte: (Imai 2012)

A primeira fase, *Plan*, aponta para estabelecer um alvo para melhoria, e desenvolver planos para o atingir. A segunda fase, *Do*, passa pela implementação do que foi planeado, e segue-se o *Check*, que determina se a implementação está a ser feita de acordo com o plano, e se está efetivamente a trazer as melhorias planeadas. A última etapa, *Act*, tem como objetivo a adoção e *standardização* dos novos procedimentos com vista a manter as melhorias atingidas.

¹ QCD é uma sigla para palavras inglesas *Quality, Costs and Delivery*.

Numa fase inicial, no entanto, qualquer processo tende a ser instável, e para iniciar ciclos PDCA é necessário levar a cabo medidas para que o processo que se planeia melhorar seja estabilizado. Numa perspetiva *kaizen*, isto traduz-se na implementação do ciclo *standardize-do-check-act* (SDCA), ilustrado abaixo na Figura 2:

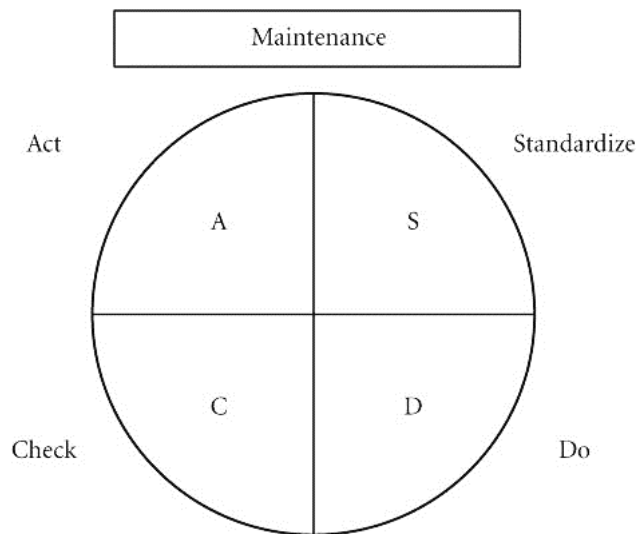


Figura 2 – Representação do ciclo SDCA. Fonte: (Imai 2012)

O ciclo SDCA tem como objetivo a estabilização de um dado processo. Esta ferramenta é em tudo semelhante ao ciclo PDCA, no entanto a primeira fase, *Standardize*, que substitui a fase *Plan*, refere-se ao desenvolvimento de medidas para *standardizar* – e consequentemente estabilizar – um dado processo. E só após se conseguir um processo estável é que se pode passar para a fase de melhoria.

De acordo com Coimbra (2013), um bom guia para verificar a necessidade de implementação de um ciclo SDCA é fazer o exercício seguinte: quando se encontra algum problema, questionar o supervisor da área em questão e os operadores da mesma área sobre a existência de algum *standard* relacionado com o problema. Consoante as resposta obtidas, deve agir-se de acordo com a forma seguinte:

- Se o supervisor e os operadores reconheceram o problema, então o *standard* deve ser alterado, já que o atual não é eficaz;
- Se o supervisor reconheceu o problema mas os operadores o negaram, então é necessário instruir e treinar os operadores;
- Se o supervisor não reconheceu o problema, ao contrário dos operadores, então é necessário documentar e aplicar o *standard*;
- Se ambos disseram que não, então torna-se necessária a criação de um *standard*.

É importante referir que a implementação de ciclos SDCA e PDCA não tem fim – assim que uma melhoria é estabelecida através da aplicação de um ciclo PDCA, parte-se para um processo de estabilização garantido pelo ciclo SDCA. Assim que a estabilização é atingida, volta-se ao início com a idealização de novos e mais desafiantes objetivos a serem aplicados no próximo ciclo PDCA. A Figura 3 ajuda a compreender este processo de melhoria contínua sem fim.

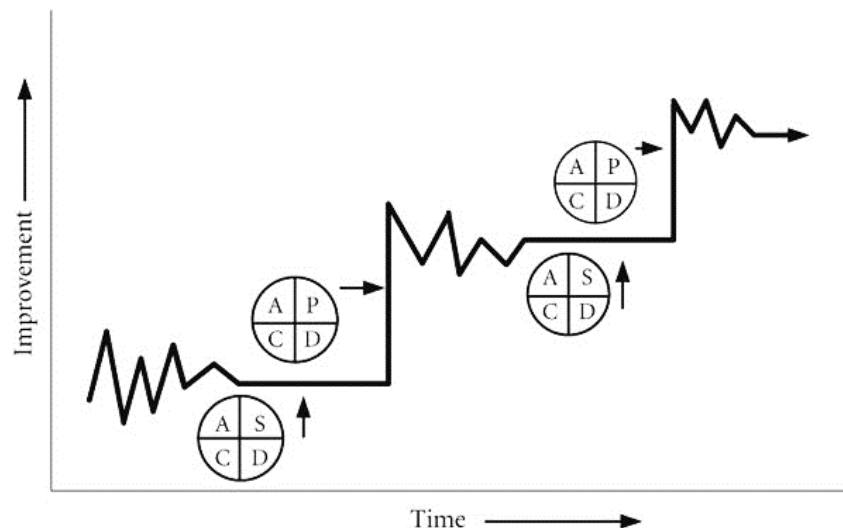


Figura 3 – Melhoria em função da aplicação de ciclos SDCA e PDCA. Fonte: (Imai 2012)

Gemba

O conceito de *gemba* está implicitamente relacionado com o do *kaizen*, mas não é tão popular. O termo pode ser traduzido do japonês como o local onde a ação real ocorre. No Japão, o termo tem um significado amplo, sendo utilizado em locais de trabalho, cenas de crime ou até mesmo em locais de filmagem.

Todos os negócios, com foco na obtenção de lucros, praticam três atividades *core*: desenvolvimento, produção e venda. Sem pelo menos uma destas atividades, uma empresa não tem condições para existir. Neste contexto, o *gemba* pode ser visto como todo e qualquer local onde estas atividades são levadas a cabo (Imai 2012).

Atualmente, existe ainda uma grande tendência de distanciamento dos órgãos de gestão no que toca ao que acontece no *gemba*. O contacto próximo e a compreensão do *gemba* são dois passos importantes que os gestores das empresas têm de tomar para melhorar o seu trabalho. É destes moldes que advêm as cinco regras de ouro do *Gemba Management* (Imai 2012):

1. Quando há um problema, ir ao *gemba* primeiro – os gestores devem saber de antemão as condições no local.

2. Procurar o *gembutsu* – este termo, vindo do japonês, significa algo físico ou tangível. Contextualizando, pode significar uma máquina avariada, uma ferramenta danificada, produtos acabados com defeitos, ou até mesmo a reclamação de um cliente. A observação atenta dos problemas utilizando uma abordagem simples aliada ao senso comum leva na maioria dos casos à identificação das causas do problema.

3. Tomar medidas temporárias para resolver o problema – face ao problema, é necessário tomar medidas atuar nos seus sintomas, por forma a resolvê-lo temporariamente. Por exemplo, quando uma máquina avaria numa linha de produção, é desejável que se minimize o tempo de paragem sob forma de se evitar perdas de produtividade. No entanto, medidas temporárias não levam à resolução definitiva, e é por isso que os gestores devem continuar a procurar o *gembutsu*.

4. Encontrar a causa raiz do problema – existem problemas que exigem preparação e planeamento para serem resolvidos. Caso sejam encontradas dificuldades em termos de engenharia, ou na implementação de novas tecnologias, por exemplo, é necessário recolher dados e muitas vezes utilizar ferramentas complexas no processo de resolução. No entanto, uma grande variedade de problemas mais simples pode ser prontamente resolvida utilizando senso comum com a ajuda dos princípios *gemba-gembutsu*.

5. *Standardizar*, como forma de prevenir novas ocorrências – na ocorrência de um problema, a gestão deve resolvê-lo e, ao mesmo tempo, garantir que o mesmo não voltará a acontecer pela mesma razão. Isto leva à necessidade de criar um novo procedimento *standard* que garanta que o problema não se repita. Todos os problemas que surjam devem levar a um projeto *kaizen*, que eventualmente levará à introdução de um *standard* ou à atualização de um já existente. É assim que se garante que os efeitos do *kaizen* são mantidos.

Muda

De acordo com Monden (2011), qualquer tarefa numa unidade de produção pode ser classificada segundo três categorias: trabalho incidental, trabalho que acrescenta valor, e *muda*. A primeira categoria refere-se a atividades que não acrescentam valor ao produto, mas que são necessárias (inspeções, por exemplo). A segunda categoria, por sua vez, representa toda a atividade que efetivamente acrescenta valor, como por exemplo a montagem de peças de um produto. A terceira categoria, *muda*, cuja palavra vem do japonês e se traduz literalmente como desperdício, refere-se a atividades desnecessárias e que não acrescentam valor. Chen, Li e Shady (2010) definem *muda* como qualquer atividade cujo cliente não está disposto a pagar.

O *muda* pode ser classificado segundo 7 categorias, conhecidas como *the seven deadly wastes*. Segundo Imai (2012), estes desperdícios são descritos da seguinte forma:

1. Produção em excesso – produzir mais do que o necessário resulta num grande desperdício: existe um consumo precoce de matérias-primas, *inputs* desnecessários de pessoal e *utilities*, acréscimos de maquinaria, a necessidade de mais espaço para inventário, e um incremento nos custos de transporte e administrativos.

2. Inventários – excessos de produtos acabados, matérias-primas ou outros bens em inventário não acrescentam qualquer valor. Pelo contrário, ocupam espaço e exigem equipamentos e instalações adicionais, tais como armazéns ou empilhadores, que resultam em custos acrescidos. Adicionalmente, os bens armazenados podem deteriorar-se com o tempo, e, ainda pior, podem ser destruídos por algum tipo de acidente.

3. Defeitos – resultam normalmente na interrupção da produção e podem requerer reprocessamentos desnecessários. No paradigma atual, uma máquina que não esteja a funcionar corretamente numa linha a alta velocidade pode processar um número elevado de produtos com defeitos antes que o problema seja detetado, resultado num *muda* que poderia ser evitado. Aqui entra o conceito de *jidoka*, que consiste na deteção e paragem automática de máquinas e linhas de fabrico quando, por exemplo, estão a ser processados produtos com defeitos.

4. Movimento – envolve todo o movimento humano que não acrescenta valor. Por exemplo, quando uma pessoa se está a movimentar de um equipamento para outro, não está a acrescentar qualquer valor. Este tipo de *muda* está implicitamente relacionado com o *layout* do local de trabalho.

5. Excesso de processamento – consiste em adicionar mais valor a um produto do que o valor efetivamente requerido pelo cliente. O uso de ferramentas muito caras que garantem tolerâncias muito apertadas em produtos que não precisam de ser trabalhados com tanto rigor, ou a aplicação de tintas anti-corrosão em locais que nunca serão afetados por este tipo de problemas, são bons exemplos de excesso de processamento.

6. Espera – ocorre quando o trabalho dos operadores está em espera devido a faltas de balanceamento, falta de partes para processar, ou quando máquinas estão avariadas. Também há *muda* de espera quando um operador está a monitorizar uma máquina, enquanto esta está efetivamente a realizar um trabalho que acrescenta valor.

7. Transporte – a movimentação de matérias-primas ou produtos acabados não acrescenta valor. Além disso, quando enquanto estão a ser transportados, os materiais estão sujeitos a acidentes e consequente danificação. Desta forma, a minimização da movimentação de bens no *gemba* traduz-se na redução de desperdícios.

De todas as atividades *kaizen*, a identificação e eliminação de *muda* é a mais fácil para começar. A eliminação de *muda* passa por parar de fazer algo, e por norma não inclui muitos custos de implementação. Por estes motivos, a gestão deve tomar iniciativa em começar o *kaizen* com eliminação de *muda*, onde quer que ele exista – no *gemba*, na administração, e/ou na área da provisão de serviço (Imai 2012).

O conceito de *muda* pode ainda classificar-se de outra forma, consoante o desperdício é primário ou secundário. No contexto industrial, a palavra “desperdício” refere-se a todos os elementos na produção que apenas aumentam os custos sem adicionar valor – por exemplo pessoal, inventário ou equipamento em excesso. No entanto, estas fontes de desperdício acabam por levar a gastos secundários (Ohno 1978). Por exemplo, inventário em excesso obriga à alocação de recursos para o seu armazenamento, tais como armazéns. E para os novos armazéns, por sua vez, é indispensável a contratação de pessoal adicional para fazer controlo de inventário, que poderão ainda precisar de equipamento informático como ferramenta para o seu trabalho de controlo.

O que daqui se conclui é que o dano causado por um certo tipo de desperdício não se cinge apenas ao desperdício em si, mas sim a toda a cadeia de desperdícios que este cria. Ohno (1978) refere-se ao desperdício em si como *muda* primário, e como *muda* secundário a todo o ciclo de desperdício gerado pelo primeiro.

Mura, Muri

O termo japonês *mura* significa inconsistência ou irregularidade. No contexto entende-se como sendo uma variação indesejável que pode ocorrer no processo. Por exemplo, quando um operador demora mais tempo a fazer um trabalho do que os outros, existe *mura*, bem como *muda*. Isto porque o trabalho de todos deveria estar ajustado de acordo com o trabalho da pessoa mais lenta. O termo também se adequa à qualidade dos bens e serviços. Neste contexto, um *mura* excessivo pode traduzir-se numa satisfação de cliente decrescente.

Muri, por sua vez, traduz-se por condições extenuantes, tanto para operadores, máquinas, bem como para os processos na generalidade. Exemplificando, quando um operador recentemente contratado, sem treino nem experiência, é escolhido para uma tarefa de um operador experiente, o mais provável é que a sua *performance* seja baixa e que até possam ocorrer erros – criando *muda*. O mesmo se aplica para máquinas – quando, por exemplo, uma máquina está a operar a uma velocidade acima daquela para a qual foi desenhada, poderão ocorrer problemas de funcionamento e avarias.

2.3 Standards

A *standardização* é uma das regras de ouro no *Gemba Management*, e ao mesmo tempo um dos conceitos mais frequentes no papel da gestão na filosofia *kaizen*, e no âmbito das ferramentas e conceitos *lean*. Por estes motivos, é crucial a total compreensão do significado do conceito *standard*.

As atividades diárias, no *gemba*, são realizadas de acordo com uma certa fórmula. A partir do momento em que estas fórmulas são escrutinadas e detalhadamente documentadas, tornam-se *standards*. As principais vantagens de adotar *standards*, de uma perspetiva operacional, são descritas na lista seguinte (Imai 2012):

1. Representam a forma melhor, mais fácil e mais segura de realizar uma tarefa;
2. Oferecem a melhor forma de preservar *know-how* e perícia;
3. Providenciam formas de medir *performance*;
4. Transparecem a relação entre causas e efeitos;
5. Providenciam uma base para manutenção e melhoria.

A implementação de *standards* não deve ser forçada pelo topo da cadeia hierárquica; deve antes ser definida pelos próprios trabalhadores. Só quando a unidade de produção for considerada como um todo é que os *standards* se podem tornar flexíveis e livres de defeitos (Ohno 1978).

Imai (2012) refere que o estabelecimento de *standards* em todos os processos existentes numa empresa, bem como a mobilização de esforços para que estes sejam seguidos, constitui por si só uma vantagem competitiva face a outras empresas que não garantam estas condições; refere ainda que a *standardização* constitui um papel vital na garantia da qualidade dos produtos/serviços, e que sem *standards* não pode existir uma base sólida para a construção de um sistema de qualidade viável.

Neste contexto, faz ainda sentido fazer referência à *Toyota Business Practice* (TBP).

Criada na década de 2000, esta ferramenta *lean* nasceu da necessidade de *standardizar* e solidificar o método de eliminação de problemas, à medida que a empresa se ia globalizando. Quando existe um problema identificado, esta prática leva à sua resolução, bem como à prevenção de novas ocorrências. Os oito passos desta abordagem são os seguintes (Imai 2012):

1. Clarificar o problema;
2. Estruturar o problema;
3. Definir um *target* a atingir;
4. Analisar a causa raiz do problema;
5. Desenvolver medidas de resolução;
6. Implementar as medidas desenvolvidas;
7. Avaliar os resultados e o processo;
8. Ajustar, *standardizar* e disseminar os processos com bons resultados.

A abordagem TBP pode ser comparada a um ciclo PDCA. As primeiras 5 fases correspondem à etapa de planeamento, e as 3 fases restantes correspondem às etapas *Do*, *Check*, e *Act*, respetivamente.

2.4 Qualidade

Quando se ouve a palavra “qualidade”, surge uma ideia de excelência e prestígio. Quando o conceito surge aplicado a algum produto ou serviço, usualmente cria-se a ideia de algo bom, que cumpre ou supera as expectativas inicialmente idealizadas, tendo em conta o seu preço. É um termo muitas vezes utilizado na fundamentação dos conceitos e ferramentas *lean*, pelo que surge a necessidade da sua clarificação.

Crosby (1979) definiu a qualidade como a conformidade com as especificações. Contudo, as especificações podem não corresponder às expectativas do cliente. Juran (2010), por sua vez, definiu a qualidade como aptidão ao uso. As duas definições são compatíveis, e até se complementam. A última definição, contudo, abrange a primeira, já que um produto com que não está conforme as especificações (com defeitos) não estará certamente apto ao uso.

Uma das ferramentas mais utilizadas no âmbito da qualidade é o *Total Quality Management*. O TQM surgiu do *Total Quality Control* (TQC), ferramenta que enfatizava o controlo do processo de qualidade. Este conceito evoluiu para um sistema que abrange todos os aspetos da gestão. Foi desenvolvido como uma estratégia para ajudar a gestão a tornar-se mais competitiva e lucrativa, procurando melhorar todos os aspetos do negócio (Imai 2012). Coimbra (2013) refere o TQM como uma das ferramentas desenvolvidas pelo *kaizen* que têm como objetivo eliminar não-conformidades, envolver trabalhadores, ampliar a eficiência dos processos e desenvolver sistemas de suporte *lean*.

O TQM é uma filosofia e um conjunto de práticas de gestão que enfatiza, entre outras coisas, a melhoria contínua, atender aos requisitos dos clientes, reduzir o reprocessamento, pensamento a longo prazo, o aumento do envolvimento das pessoas e trabalho em equipa, a melhoria de processos, o *benchmarking*, a resolução de problemas em equipa, a medição constante de resultados, e relações mais próximas com fornecedores (Ross e Perry 1999).

Diagrama de Ishikawa e os five whys

Segundo Ishikawa (1990), este diagrama é considerado uma das sete ferramentas básicas da qualidade. Tem como principal objetivo a representação das causas primárias e secundárias de um dado problema. O diagrama, ilustrado na Figura 4, é conhecido também como diagrama de causa e efeito, ou diagrama de espinha de peixe, devido ao seu formato. A “cabeça” do peixe representa o problema, e as potenciais causas são representadas nas “espinhas” (relação causa-efeito). As causas são usualmente categorizadas em grupos.

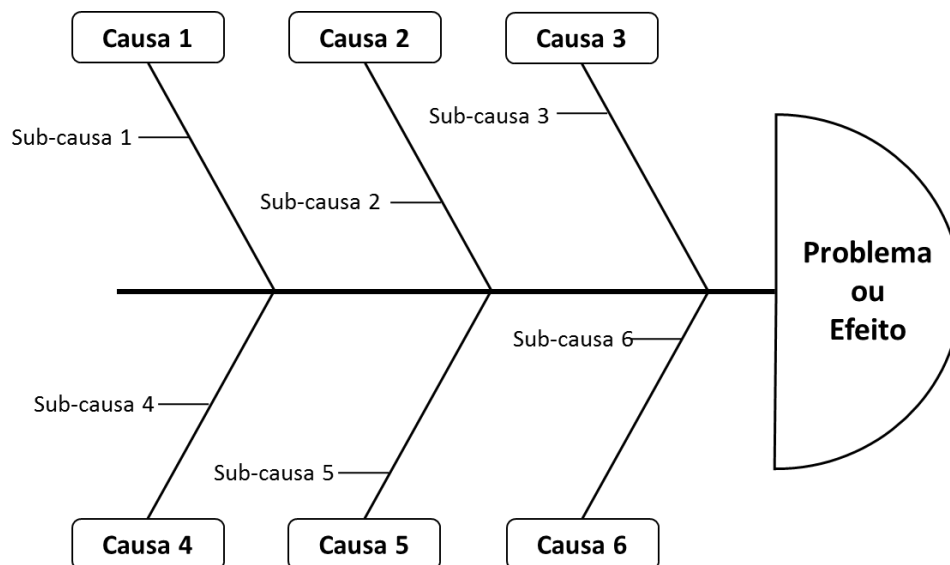


Figura 4 – Diagrama de Ishikawa genérico

A UNICER utiliza esta ferramenta para o diagnóstico de problemas, e agrupa as causas segundo os seguintes grupos:

- Meios;
- Método;
- Material;
- Meio Envolvente;
- Máquina;
- Pessoa.

Por forma a identificar a causa raiz de um dado problema, uma das técnicas mais úteis é sistematicamente perguntar “porquê?”, até que se atinja a causa raiz. O processo é referido como *five whys* (Imai 2012).

2.5 Processos

O conceito de processo não está diretamente ligado à filosofia *lean*. É, no entanto, um conceito amplamente referido no meio, e faz sentido no âmbito deste projeto compreender o seu significado.

Sharp e McDermott (2001) definem o conceito de processo como uma coleção de atividades que representa uma forma de realizar algo, e referem que cada processo, quando bem formado, é caracterizado pelos seguintes pontos:

- Compreende um corpo de trabalho identificado que pode ser caracterizado por um conjunto de atividades relacionadas, ou uma sequência definida de tarefas e decisões;
- O nome do processo deve ser na forma verbo-objeto (como por exemplo “Adquirir um novo cliente”). Ao inverter o nome do processo, obtém-se o seu resultado (para o mesmo exemplo, “Novo cliente é adquirido”);
- O seu resultado deve ser discreto e deve-se poder contar o número de vezes que foi atingido. O verbo do nome do processo tem de ser bem escolhido para que isto seja garantido;
- O seu resultado deve ser o que o cliente do processo quer;
- O processo é iniciado por um evento tipo *trigger*, que pode ser uma ação, tempo, ou uma condição.

Mendling, Reijers e van der Aalst (2010) propuseram um conjunto de sete *guidelines*, desenvolvidas para orientar a modelação de processos, denominado 7PMG (*Seven Process Modeling Guidelines*), a partir de trabalho empírico:

- Usar o mínimo de elementos possível no modelo;
- Minimizar as ligações por cada elemento;
- Utilizar apenas um evento de início e um evento de fim;
- Modelar da forma mais estruturada possível;
- Evitar ligações do tipo “OR”;
- Utilizar formas verbo-nome para denominar os elementos;
- Decompor o modelo, caso existam mais de 50 elementos.

3 Apresentação do problema

A redução do consumo de vidro é o desafio proposto pela UNICER, no âmbito da presente dissertação. Neste capítulo começa-se por dar a conhecer o processo de enchimento de garrafas nas linhas, bem como as características das embalagens de vidro – informações vitais para a compreensão do problema abordado. No último subcapítulo, é apresentado o problema em questão, e a abordagem levada a cabo para o atacar.

3.1 O Processo de enchimento de garrafas

O enchimento é a etapa final do processo de produção das cervejas e refrigerantes da UNICER. Os principais *inputs* são as bebidas e as embalagens (garrafas ou barris), e os *outputs* são os produtos diferenciados, que são acondicionados em paletes e entregues à logística. Este departamento por sua vez encarrega-se de garantir que os produtos chegam ao cliente final, através das cadeias de retalho e do canal HORECA².

A unidade fabril de Leça do Balio conta com 6 linhas de enchimento, designadamente:

- Linha 2 – Garrafas de vidro TP, capaz de encher 60.000 garrafas/hora;
- Linha 3 – Garrafas de vidro TR, capaz de encher 60.000 garrafas/hora;
- Linha 4 – Barris TR, capaz de encher 450 barris/hora;
- Linha 5 – Garrafas de vidro TP e TR, capaz de encher 88.000 garrafas/hora;
- Linha 6 – Garrafas de vidro TP, capaz de encher 45.000 garrafas/hora;
- Linha 7 – Barris TP, capaz de encher 145 barris/hora.

Nas linhas de enchimento de garrafas de tara perdida (TP), o enchimento compreende, de uma forma geral, as fases ilustradas na Figura 5:



Figura 5 – Etapas do processo de enchimento de garrafas TP

² HORECA é a sigla para hotéis, restaurantes e cafés.

As linhas de enchimento de garrafas de tara retornável (TR) compreendem um processo semelhante às da TP, mas as garrafas utilizadas precisam de uma atenção diferente, visto terem sido utilizadas previamente. Estas são submetidas a uma classificação e lavagem para a remoção de rótulos e higienização. As restantes etapas do processo, desde a inspeção de garrafa vazia até à entrega, são iguais às descritas nas linhas TP.

3.2 Linhas de enchimento de garrafas TP

A realização deste projeto centrou-se nas linhas de enchimento de garrafas TP, nomeadamente as linhas 2, 5 e 6. O presente subcapítulo tem como objetivo dar a conhecer de uma forma mais aprofundada cada fase do processo de enchimento de garrafas TP.

O processo começa com o abastecimento de paletes de garrafas vazias nas linhas, e acaba com a saída de produto acabado em paletes. As garrafas são, como tal, submetidas a várias transformações, por um conjunto de equipamentos. A movimentação das garrafas entre equipamentos dá-se através de cadeados transportadores, com uma ou mais pistas, que se encontram ligados a motores elétricos. A Figura 6 ajuda a compreender o mecanismo.



Figura 6 – Transportador com 6 pistas e bicos injetores de lubrificante

Estes transportadores são lubrificados com uma solução aquosa, de forma continuada e controlada, recorrendo a bicos injetores que se encontram instalados no início de cada cadeado, como se pode também observar na Figura 6. A lubrificação controlada evita que as garrafas tombem (por excesso de atrito) ou deslizem (por falta de atrito) durante o transporte.

De seguida são apresentadas todas as etapas do processo de enchimento. Utilizou-se a linha 6 como modelo para esta descrição. Esta linha tem a capacidade de processamento de quase todo o tipo de garrafas que a empresa utiliza para os seus produtos. Consequentemente, esta é a linha que maior variedade de SKUs³ produz e, como tal, é a linha que está sujeita ao maior número de mudanças de produto (ou *setups*). Por este motivo, a linha 6 está associada à produção de lotes mais pequenos (relativamente às restantes linhas). A linha 6 tem os seus equipamentos distribuídos por dois andares. No Anexo A, pode ser consultado o *layout* do piso superior da linha, no qual se encontram os equipamentos *core* no âmbito do presente projeto.

³ SKU é uma sigla para *Stock Keeping Unit*. Define-se como um tipo distinto de produto/serviço para venda. Cada SKU tem características que o distingue dos restantes. No contexto da UNICER, os atributos que distinguem SKUs são, por exemplo, a bebida, a capacidade da garrafa, ou o tipo de embalagem.

Despaletização

O processo inicia-se no piso inferior com a chegada de paletes de garrafas TP, transportadas por empilhadores, à despaletizadora. Este equipamento tem como finalidade mover as garrafas das paletes para os transportadores da linha.



Figura 7 – Palletes de garrafas vazias (esquerda) e despaletizadoras da linha 6 (direita)

Cada pallet vem envolvida em plástico retrátil e inclui uma camada de cartão no topo, cujo objetivo é salvaguardar a sua estabilidade. A cada nível de garrafas dá-se o nome de fiada. O número de fiadas que cada pallet tem depende sobretudo da dimensão da garrafa, e entre cada fiada encontra-se uma placa de plástico rígido, à qual se dá o nome de intercalar.

A primeira etapa na despaletização é a remoção do plástico e do cartão no topo (desfardar a pallet). Esta operação é manual, ou seja, é integralmente realizada por um operador. De seguida, a pallet é movida para a despaletizadora. Neste equipamento, as garrafas de cada fiada são mecanicamente acondicionadas por pás, que as comprimem, por forma a salvaguardar a sua disposição durante o transporte subsequente, para uma mesa intermédia. Esta mesa, que pode transladar na vertical, alinha-se com o transportador (fixo), e a fiada é para lá integralmente movida. Por fim, o intercalar que se encontra no topo das garrafas é removido (recorrendo a um braço robótico com um sistema de ventosas), e as garrafas seguem para as fases seguintes da linha.

Inspeção de garrafas vazias

As garrafas saídas da despaletizadora seguem por um transportador, passam por um *inliner*⁴ e sobem para o piso superior, recorrendo a um ascensor. Chegam, desta forma, alinhadas ao equipamento seguinte, conhecido como inspetor de vazio, ou EBI (*Empty Bottle Inspector*).

Embora sejam novas e diretamente chegadas do fornecedor, nada garante que as garrafas não possam conter defeitos. Como tal, torna-se necessários mecanismos de salvaguarda e controlo na linha. O inspetor de vazio cumpre exatamente esse objetivo: a procura de eventuais defeitos que as garrafas novas possam apresentar, para posterior rejeição.

⁴ Um *inliner* é um transportador de garrafas composto por várias pistas paralelas a velocidades consecutivamente crescentes. O seu intuito é alinhar as garrafas, num transportador unifilar (com uma pista apenas).



Figura 8 – Inspetor de garrafas vazias da linha 6

Sendo fundamental para garantir a qualidade do produto acabado, este equipamento recorre a câmaras de alta resolução para tirar múltiplas fotografias a cada garrafa, analisando em tempo real cada um destes registos à procura de eventuais problemas. Para que isto seja possível, os EBIs têm programas de deteção específicos para os vários tipos de garrafas que a UNICER utiliza. O EBI classifica os defeitos das garrafas segundo três tipos principais: embocadura, fundo e parede lateral.

Esta etapa do processo é totalmente automatizada: as garrafas chegam ao inspetor por um transportador unifilar, são inspeccionadas no interior do equipamento, e caso seja detetado algum defeito numa garrafa, esta é mecanicamente empurrada para uma mesa de rejeição.

Sopragem, enchimento, capsulagem

No processo de fabrico e transporte de garrafas, existe o risco de contaminação do seu interior, por poeiras ou fragmentos microscópicos, que o EBI pode não conseguir detetar. Assim, e por uma questão de prevenção e garantia de qualidade, o interior de cada garrafa é soprado, por forma a que quaisquer sólidos de pequenas dimensões sejam eliminados. O equipamento utilizado para levar a cabo este processo chama-se sopradora.

Depois de inspeccionada e soprada, a garrafa encontra-se pronta para a etapa com o nome do próprio processo. O enchimento define-se como a colocação do produto, vindo das cubas de armazenamento, no interior das garrafas.

O processo começa com a aplicação de CO₂ pressurizado no interior da garrafa. Assim, consegue-se a inertização da atmosfera no seu interior, criando simultaneamente uma almofada para que o enchimento seja feito de uma forma controlada. A contrapressão criada pelo gás faz com que a cerveja, ao ser introduzida por uma cânula, não espume. Ao atingir o nível indicado, o processo termina.

Findo o enchimento, procede-se à injeção de água quente no interior da garrafa, e subsequente capsulagem: colocação da cápsula na garrafa, com a ajuda de um pistão. A operação de introduzir um jato de água quente na garrafa tem como objetivo a expulsão de oxigénio presente no espaço livre do seu interior, por via da espumagem da cerveja.

Na linha 6, os 3 equipamentos acima mencionados encontram-se agrupados num só módulo funcional, como se pode ver na Figura 9.



Figura 9 – Módulo da enchedora da linha 6

Inspeção de cheio #1

As garrafas cheias passam de seguida por um equipamento conhecido por FMS (iniciais de *filler management system*), que se encontra diretamente ligado à enchedora, e que pode ser visto na Figura 10. Este equipamento faz uma verificação a vários pontos de cada garrafa validando, entre outros, o nível de líquido e a presença de cápsula. Salvaguarda-se assim a qualidade do produto após o enchimento, garantindo que este não contém qualquer não conformidade.



Figura 10 – FMS da linha 6

Para que tal seja possível, o equipamento tem programas apropriados para cada tipo de garrafa. O equipamento tem a opção de rejeitar e retirar da linha eventuais garrafas que apresentem não conformidades.

Pasteurização

A pasteurização é uma técnica amplamente utilizada na indústria alimentar, que tem como finalidade o controlo da atividade microbiológica dos alimentos, sem alterar profundamente as suas propriedades. Este resultado consegue-se submetendo-se os produtos a uma determinada temperatura durante o correto período de tempo.

Em bebidas como a cerveja e a cidra, produzidas a partir de fermentação, a pasteurização é um processo indispensável, já que lhes confere uma validade, média, de um ano. O aumento é considerável, tendo em conta que estas bebidas, quando não pasteurizadas, dispõem apenas de um mês de validade.

A combinação de temperatura e quantidade de tempo a que a bebida está sujeita pode-se traduzir numa unidade equivalente, denominada Unidade de Pasteurização (UP). Por definição, uma UP equivale a um minuto à temperatura de 60° C.

Cada bebida tem um número mínimo de UPs definida, dependendo da sua natureza. Cerveja sem álcool, por exemplo, é uma bebida que só atinge a estabilidade microbiológica com mais unidades de pasteurização, quando comparada com cerveja normal.

Existem várias técnicas de pasteurização. Nas linhas de garrafa da UNICER, é feita a pasteurização em túnel. As garrafas entram num equipamento denominado pasteurizador, que pode ser visualizado na Figura 11. No seu interior, jatos de água são utilizados para aumentar gradualmente a temperatura das garrafas.



Figura 11 – Pasteurizador da linha 6

Quando atingem a temperatura requerida, as garrafas permanecem no seu interior até se cumprir a quantidade de tempo requerida para atingir as UPs especificadas. As garrafas são então arrefecidas também de forma gradual, e saem do equipamento a uma temperatura próxima da temperatura ambiente.

Rotulagem e inspeção de cheio #2

Os produtos, já pasteurizados, passam num segundo *inliner*, e passam uma a uma por um secador. Posteriormente seguem para a rotuladora, na qual se dá a aplicação de rótulos que contêm informações sobre a marca, natureza, e validade do produto. Dependendo de cada SKU, pode haver a aplicação de um rótulo e de um contra-rótulo na parede lateral da garrafa (de forma diametralmente oposta), e de uma gargantilha no seu gargalo. Findo este processo, um laser é utilizado para marcar o lote e a validade do produto, num dos rótulos da garrafa. A Figura 12 apresenta um exemplo de duas garrafas iguais, com rótulo, contra-rótulo e gargantilha, destacando também a marcação a laser situada no contra-rótulo.



Figura 12 – Rótulo, contra-rótulo, gargantilha e marcação

A rotuladora tem um sistema de inspeção de garrafas cheias a si acoplado. Este equipamento verifica a presença dos rótulos nas garrafas, e volta a fazer uma inspeção de nível e de cápsula (tal como foi feito no FMS). Garrafas com não conformidades são rejeitadas e empurradas para uma mesa de rejeição.

Embalamento

O passo seguinte no processo de enchimento é agrupar as garrafas em *packs*, caixas, ou grades. A linha 6 tem dois equipamentos que permitem apenas o embalamento nas primeiras duas opções. O tipo de embalamento é definido pelo SKU.

As embalagens tipo *pack* mais comuns são de 4, 6 ou 10 garrafas, e são processadas numa máquina denominada encartonadora. As embalagens processadas nesta máquina seguem para a embaladora, um segundo equipamento que se encontra a jusante, e são aí agrupadas. Esta máquina agrega os *packs*, aplicando em seu torno filme plástico retráctil; existe também a prática de colocar os conjuntos de *packs* dentro de uma caixa ou tabuleiro, no mesmo equipamento.

As garrafas podem, alternativamente, seguir diretamente para a embaladora, sendo colocadas em caixas ou tabuleiros de 6, 15, 20 ou 24 unidades.

Paletização, envolvimento, etiquetagem e entrega

Segue-se a paletização, que consiste na colocação de um determinado número de embalagens sobre uma palete (geralmente de madeira). A máquina utilizada para este efeito chama-se paletizadora.

O processo começa pela formação de fiadas, segundo uma matriz de paletização previamente programada para cada SKU. Esta matriz assegura a estabilidade da palete, e ao mesmo tempo garante que a palete tem a quantidade definida de embalagens. As fiadas formadas são sistematicamente colocadas umas sobre as outras, num processo em grande parte inverso ao que acontece da despaletizadora. A palete totalmente formada segue então para uma segunda máquina, chamada envolvedora, que trata de envolver a palete em filme plástico. Esta película garante uma maior estabilização e proteção na sua movimentação e transporte. Após a sua saída da envolvedora, dá-se uma colagem de uma etiqueta identificativa na palete. A Figura 13 mostra duas paletes já filmadas e etiquetadas. O processo dá-se como finalizado quando a palete é retirada da linha por um empilhador. É posteriormente entregue no armazém automático.



Figura 13 – Paletes de produto acabado já etiquetadas

Nas restantes linhas que processam garrafas TP (linhas 2 e 5), o processo é idêntico. A única diferença a salientar é que na linha 5 existem dois inspetores de vazio, duas enchedoras e duas rotuladoras a processar garrafas paralelamente.

3.3 Garrafas de vidro

O vidro, fabricado a partir da fusão de matérias-primas inorgânicas como areia, calcário e soda, é um material da família dos cerâmicos, amplamente utilizado na produção de embalagens de cerveja, a par dos barris (utilizados para o armazenamento de maiores quantidades da bebida), latas de alumínio, e PET. A Figura 14 apresenta a nomenclatura utilizada nas garrafas de vidro:

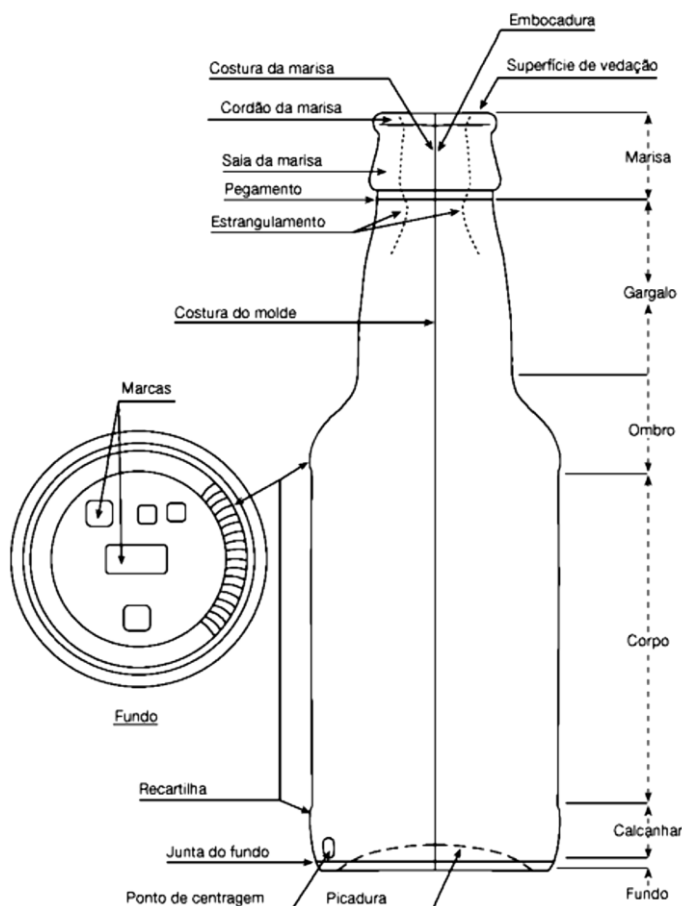


Figura 14 – Nomenclatura das garrafas de vidro, in “IPQ, NP3548 - Vidro de embalagem: Vocabulário, 1988”

3.3.1 Principais características e propriedades

O vidro é um material rígido, transparente (por norma), homogéneo, e apresenta uma elevada resistência às condições atmosféricas e agentes químicos, fruto da sua elevada estabilidade química. Apresenta uma permeabilidade muito baixa. A natureza do seu processo de fabrico permite que este tome as mais variadas formas. Pode ainda adquirir cor, mediante a adição de corantes na composição de matérias-primas.

Todas estas características tornam o vidro um material propício para o embalamento de cerveja, bem como de outras bebidas e produtos alimentares. A impermeabilidade do vidro e a sua resistência a ataques químicos garante a segurança do líquido que se encontra no seu interior. A possibilidade de dar forma e cor às garrafas confere ainda mais uma vantagem, em termos estéticos. Adicionalmente, o vidro é um material reciclável.

Existem, no entanto, desvantagens na utilização do vidro para estes fins: o vidro apresenta uma fragilidade elevada quando comparado com materiais como o plástico ou alumínio, sendo muito mais suscetível a quebrar quando sujeito a algum tipo de tensão. Apresenta ainda uma densidade relativamente alta, ou seja, é um material pesado. Para além disso, é um material relativamente caro.

3.3.2 Processo de fabrico

O processo de fabrico das garrafas de vidro começa com um doseamento de matérias-primas (que varia segundo cada tipo de vidro). Esta composição é colocada num forno, a uma temperatura na ordem dos 1400°C, no qual se transforma numa massa homogénea.

Porções desta massa fundida, chamadas gotas, seguem para o interior de moldes, nos quais ganham a forma desejada – moldação. No caso das garrafas, para garantir os formatos desejados, a moldação é normalmente executada utilizando as técnicas Soprado – Soprado, ou Prensado – Soprado, que utilizam pressão de ar para conferir a forma pretendida às garrafas.

As garrafas com a forma final podem entretanto sofrer tratamentos térmicos e/ou de superfície, com o objetivo de lhes conferir uma maior resistência ao impacto ou outras propriedades desejáveis. Segue-se o controlo de qualidade, no qual as garrafas são inspecionadas à procura de defeitos, e a paletização, na qual são colocadas em paletes para serem posteriormente enviadas para os clientes.

3.3.3 Garrafas defeituosas

A natureza do processo de fabrico de garrafas vidro implica que possam ocorrer uma série de defeitos associados aquando da sua produção. O departamento da qualidade da UNICER classifica os defeitos das garrafas de acordo com duas categorias: a gravidade e o tipo. Quanto à gravidade, categorizam-se da forma seguinte:

- Críticos – todos os que podem tornar o produto perigoso para a segurança do consumidor, ou em contrapartida os que podem dar lugar a avarias graves nas linhas de enchimento;
- Maiores – todos os que, não sendo críticos, podem afetar a utilização normal das garrafas nas linhas de enchimento;
- Menores – todos os que não cabem nas duas classes anteriores, mas que não são aceites por razões comerciais (estética por exemplo), constituindo desvios aos padrões contratualmente aceites.

Em relação ao tipo, os defeitos das garrafas podem distinguir-se segundo as categorias seguintes:

- Visuais – todos os que classificam uma garrafa como defeituosa, pela sua natureza. Normalmente não são mensuráveis, e são, quase na sua totalidade, detetáveis a olho nu;
- Mensuráveis – relacionam-se com a natureza da garrafa e com o conjunto de parâmetros mensuráveis contratualizados com os fornecedores.

Por forma a permitir uma melhor compreensão dos defeitos e das categorias supramencionadas, pode ser consultada no Anexo B uma tabela que contém exemplos de defeitos de garrafas segundo os três tipos de gravidade, que inclui registos fotográficos e caracterizações.

É importante mencionar que a UNICER tem, nos seus contratos com os fornecedores de vidro, parâmetros AQL⁵ definidos para cada tipo de defeito, de acordo com as categorias em que se enquadram. O AQL contratualizado é 0, 1 e 4 para defeitos críticos, maiores e menores, respetivamente, e não varia consoante o tipo de garrafa.

Importa ainda relacionar estas classificações de defeitos com os mecanismos de controlo de garrafas defeituosas presentes nas linhas. Os inspetores de garrafas vazias estão preparados para detetar a vasta maioria de defeitos visuais, bem como uma parcela de defeitos mensuráveis. Os equipamentos não fazem, contudo, a segregação dos defeitos segundo estas categorias, mas sim pelo local da garrafa onde se encontra o defeito (fundo, marisa e parede lateral, sendo esta última representada pelo corpo, na Figura 14).

3.4 Quebra de garrafas no processo de enchimento

É necessário enquadrar o significado de “quebra” no presente contexto. A quebra define-se como o número de garrafas perdidas durante um dado enchimento. O cálculo da quebra real de garrafas em absoluto (Q_{Real}), de um dado enchimento, pode ser visto como um balanço de massa e calcula-se de acordo com a Equação (3.1):

$$Q_{Real} = GRA - GEA, \quad (3.1)$$

onde:

GRA, são as Garrafas Recebidas de Armazém, e
GEA, as Garrafas Enviadas para o Armazém.

Normalmente, a quebra é representada sob forma de percentagem das GRA, ou seja, é calculada de acordo com a Equação (3.2):

$$Q_{Real \%} = \frac{GRA - GEA}{GRA} \quad (3.2)$$

A quebra de garrafas é um problema intrínseco às linhas de enchimento. Acontece enquanto as garrafas estão a ser processadas nos equipamentos, ou no seu transporte, como ilustrado na Figura 15. De uma forma geral, as causas das quebras são o foco do presente projeto, sendo que identifica-las é o primeiro passo para desenvolver soluções que eliminem ou atenuem as perdas.

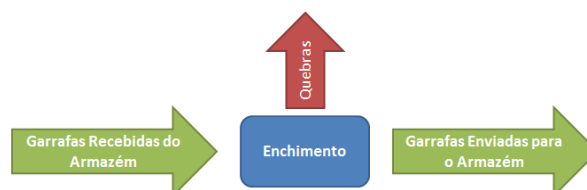


Figura 15 – Representação esquemática do desperdício no processo de enchimento

⁵ AQL é a sigla para *Acceptable Quality Limit*. Define-se como o nível de qualidade mínimo exigido. Define o máximo de unidades defeituosas que um lote de um determinado produto pode conter, sob forma de percentagem.

Cada tipo de garrafa pode ter causas de quebra distintas. Por este motivo, faz-se uma análise separada por cada tipo de garrafa. Na UNICER, é elaborado anualmente um relatório de desvios, que inclui informações sobre as quebras de garrafa reais agregadas por tipo de garrafa e por linha. Os valores são apresentados em valor absoluto (número de garrafas perdidas), e percentagem. Para efeitos de comparação, estima-se anualmente uma previsão da percentagem de quebra, denominada quebra orçamentada ($Q_{orç} \%$), por tipo de garrafa. Esta percentagem é o referencial para o desempenho geral da instalação, no que concerne a esta temática.

A Tabela 1, baseada no relatório anual de 2015 de desvios acima mencionado, tem como intuito dar a conhecer os diferentes tipos de garrafas que são utilizados no processo de enchimento da UNICER, bem como as quantidades consumidas, e as quebras reais e orçamentadas de 2015 em percentagem.

Tabela 1 – Resumo da quebra de garrafas por tipo (2015)

Garrafa	GRA	GEA	$Q_{Real} \%$	$Q_{orç} \%$	Δ
SB 25 cl TP ID	274.353.550	272.088.448	0,83%	0,59%	-0,24%
SB 20 cl TP ID	146.762.592	145.502.858	0,87%	0,94%	0,07%
SB 33 cl TP ID	129.982.076	128.693.460	1,00%	0,81%	-0,19%
Cristal TP 0,25	62.115.000	61.680.744	0,70%	0,50%	-0,20%
Cristal/Cheers 0,33 TP OPT	16.498.741	16.314.768	1,13%	0,73%	-0,40%
Carlsberg 25 cl TP Club	11.494.360	11.346.657	1,30%	1,06%	-0,24%
SB 1L TP ID	5.287.672	5.216.232	1,37%	2,00%	0,63%
SB Green TP 0,33 verde PSL	5.108.299	5.046.045	1,23%	2,80%	1,57%
Marina 0,33 TP	4.582.644	4.533.600	1,08%	1,06%	-0,02%
Cristal 1L TP	1.626.625	1.596.558	1,88%	2,00%	0,12%
SB 50 cl TP	1.494.768	1.470.288	1,66%	0,60%	-1,06%
Cobalto SB TP 0,33 ID	1.171.989	1.139.448	2,86%	1,00%	-1,86%
Negra Nox TP 0,25	664.440	638.952	3,99%	1,10%	-2,89%
20 cl TP "Mini"	282.048	280.800	0,44%	1,20%	0,76%
0,33 TP Verde	163.240	161.112	1,32%	4,00%	2,68%

A Tabela 2, também baseada no mesmo relatório, mostra os mesmos balanços do ano 2015, mas desta vez com os valores da quebra real agregados por linha.

Tabela 2 – Resumo da quebra de garrafas por linha (2015)

Linha	GRA	GEA	$Q_{Real} \%$
Linha 2	243.394.723	241.573.028	0,75%
Linha 5 (TP)	292.029.400	289.758.735	0,78%
Linha 6	127.038.070	125.151.439	1,51%
Total	662.462.193	656.483.202	0,91%

A leitura da Tabela 1, com a comparação das quebras reais e orçamentadas, permite identificar quais são os tipos de garrafa mais problemáticos, ou seja, os que apresentam a maior quebra em termos percentuais; a tabela está ordenada de forma decrescente segundo as GRA de cada tipo de garrafa, o que permite também ter uma ideia dos tipos mais consumidos pela empresa. A leitura da Tabela 2 apresenta os dados de forma diferente, permitindo uma compreensão da distribuição das quebras segundo as linhas; é também interessante o valor da quebra real agregada presente nesta tabela, para a compreensão do panorama geral do problema.

No entanto, a quebra em si não passa de um indicador. O verdadeiro desafio está em decompor e explicar cada uma das causas que compõem a quebra. Só descobrindo as causas é que se pode tomar linhas de ação para diminuir o desperdício.

Abordagem do problema

Durante o projeto, foram levadas a cabo várias ações, por forma a compreender as dimensões do problema em questão e as suas causas, bem como as dificuldades em eliminá-las:

- Contacto com os técnicos de operação das linhas de enchimento: *brainstorming* com os operadores, que todos os dias vêm os problemas a acontecer, de forma a perceber quais são as causas mais relevantes, e o que mudariam para reduzir seu o impacto;
- Presença no *gemba*: passou-se um período significativo de tempo diariamente nas diferentes linhas de enchimento, a observar os processos, e a identificar problemas e oportunidades de melhoria;
- Formação sobre garrafas defeituosas: foi realizada pelo responsável pela qualidade dos enchimentos, e consistiu na aprendizagem da deteção de defeitos visuais nas garrafas, bem como as suas categorias de gravidade;
- Presença nas reuniões *kaizen* diárias: todos os dias de manhã, os técnicos superiores de enchimento (engenheiros responsáveis pelas linhas) realizam uma reunião de 20 minutos, cuja finalidade é a apresentação de resultados dos 3 turnos anteriores (bem como a discussão de eventuais problemas que tenham ocorrido durante o processo), e o planeamento de atividades para o próprio dia; a presença nestas reuniões diárias também foi um contributo para perceber a um nível mais geral quais são os problemas e preocupações mais comuns em cada uma das linhas;
- Análise de dados recolhidos por turno: a empresa utiliza, para elaborar os seus indicadores, uma plataforma interna chamada Jornal de Bordo, bem como alguns ficheiros Excel, denominados complementos. Os operadores das linhas, no fim de cada turno, preenchem a plataforma e a folha com dados e comentários relativos a esse turno. Analisar numa base diária os dados fornecidos permitiu estimar os valores das quebras de garrafas em geral, bem como identificar as variáveis que mais influenciam este desperdício; por outro lado, foi uma boa forma de detetar manualmente problemas potenciais.

Foi ainda proposto que fossem desenvolvidos e apresentados KPIs (*Key Performance Indicators*) relativos a estes dados, em reuniões semanais da gestão do enchimento. Mais especificamente, indicadores que medem a *performance* da inspeção de vazio, da inspeção de cheio, e dos rebentamentos na enchedora. A juntar a estas ações, foram também estudados trabalhos nesta área que outras pessoas na empresa foram desenvolvendo e apurando ao longo dos anos.

4 Causas estudadas e oportunidades de melhoria

A quebra de garrafas, para efeitos de contabilização, acontece durante o enchimento, ou no transporte das paletes de garrafas vazias para a linha. Cada linha de enchimento, apresentando os seus próprios equipamentos e *layouts* distintos, é considerada uma variável importante, em conjunto com o tipo de garrafa.

Durante o projeto, foram apurados os principais componentes da quebra de garrafas nos enchimentos, e por forma a apresentar o panorama geral do problema, foi elaborado um diagrama de Ishikawa, que pode ser observado Figura 16.

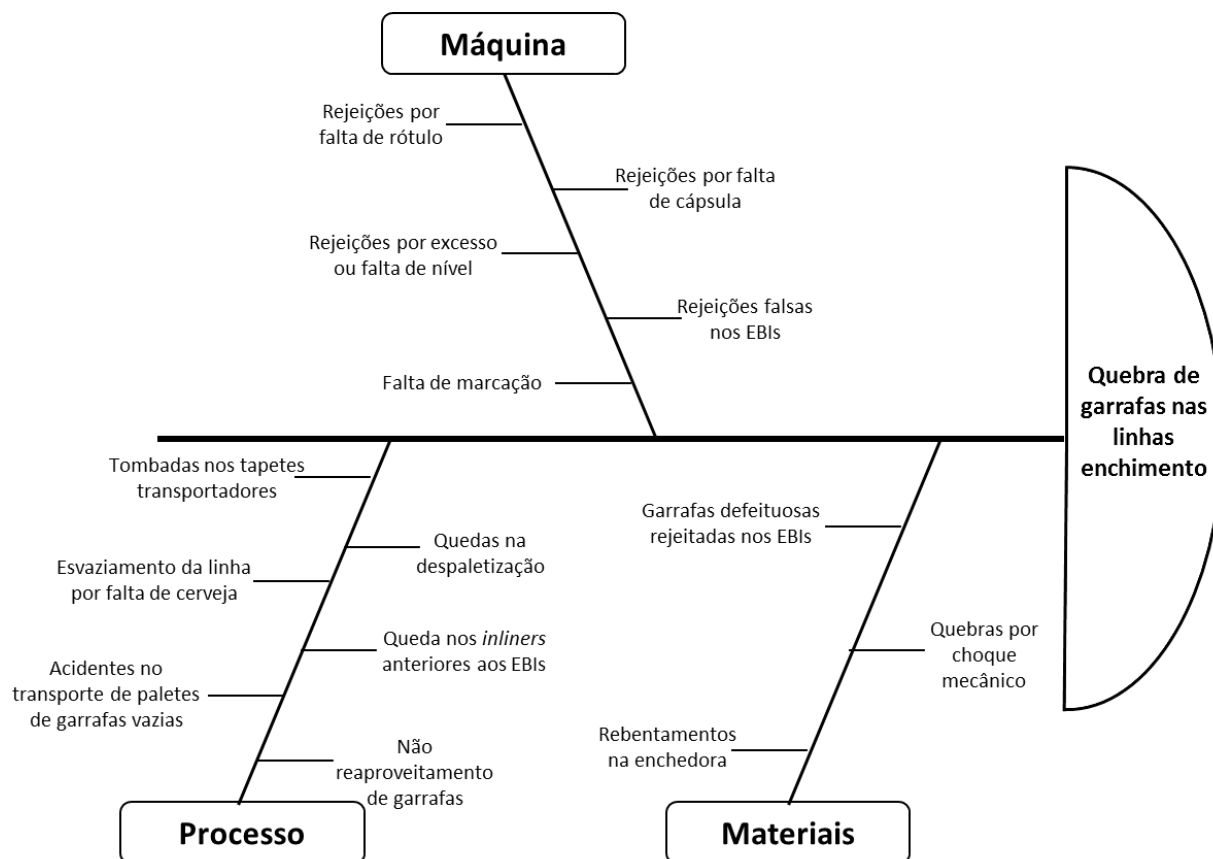


Figura 16 – Análise das principais causas da quebra de garrafas nas linhas de enchimento

O passo que se seguiu foi colocar em prática o exercício dos *5 whys*, aplicando a ideia a cada um dos componentes que se encontra no diagrama. A aplicação deste conceito, aliado às horas passadas no *gemba*, à análise dos dados dos complementos e às conversas com os operadores, permitiu descortinar e avaliar as causas raiz. Mediante a avaliação, decidiu-se não atacar todas as causas identificadas. A decisão passou por escolher um grupo alvo de causas, que representa um peso significativo na quebra real e ao mesmo tempo um elevado potencial de melhoria, e utilizar o tempo útil do projeto a trabalhar nelas. Estas causas são detalhadas nos subcapítulos seguintes. Para cada uma, apresentam-se propostas de solução.

4.1 Rejeições no EBI

O inspetor de garrafas vazias é um equipamento de considerável importância na linha de enchimento. O trabalho de inspeção das embalagens é indispensável sob várias perspectivas.

Na ótica da qualidade, o controlo de garrafas defeituosas é fulcral, devido à existência de defeitos críticos capazes de comprometer a segurança dos consumidores. Por outro lado, a rejeição de defeitos menores também tem significância. É indesejável, por exemplo, que cheguem aos consumidores garrafas com problemas estéticos. Desta forma coloca-se a causa a satisfação do cliente, mediante a não conformidade dos produtos.

Na ótica do próprio enchimento, o controlo de defeitos também tem uma grande significância, na medida em que se garante que são excluídas da linha garrafas que contenham defeitos capazes de condicionar o seu funcionamento.

Por este motivo, a cada enchimento, existe sempre uma percentagem de garrafas rejeitada neste equipamento. A Tabela 3 mostra uma estimativa das perdas totais por rejeições nestes inspetores, desde 1 de janeiro até 30 de abril de 2016, com base nos dados registados em cada turno de enchimento.

Tabela 3 – Estimativa das rejeições dos EBIs (de 1jan a 30abr 2016)

Estimativas	L2	L3	L5 (TP)	L5 (TR)	L6
Rejeições Totais - Média ($Q_{EBI\%}$)	0,118%	3,339%	0,284%	2,287%	0,216%
Rejeições Totais - Desvio Padrão	0,095%	1,352%	0,171%	1,876%	0,255%
<i>N</i>	31	31	26	2	49

A variável *N*, que representa o tamanho da amostra, em termos práticos pode ser visto como o número de vezes que houve mudança de tipo de garrafa na linha, durante aquele intervalo de tempo. É de salientar que a média e o desvio padrão obtidos nas linhas 3 e 5 (TR) são, à primeira vista, relativamente elevados quando comparados com os das linhas 2, 5 (TP) e 6, porque se tratam precisamente de enchimentos TR. Uma garrafa reutilizável está sujeita a um desgaste que uma garrafa nova não está, e isto traduz-se numa taxa de rejeição mais elevada.

A Tabela 4 compara a estimativa das rejeições nos inspetores de vazio com as quebras reais registadas para o mesmo período de tempo:

Tabela 4 – Quebra de garrafas total e rejeições nos EBIs, por linha (de 1jan a 30abr 2016)

	GRA	GEA	$Q_{Real\%}$	$Q_{EBI\%}$ (estimativa)	$Q_{EBI\%} / Q_{Real\%}$
Linha 2	55 893 949	55 531 074	0,65%	~0,12%	~18%
Linha 5 TP	50 262 426	49 924 978	0,68%	~0,28%	~41%
Linha 6	37 392 228	36 820 020	1,53%	~0,22%	~14%
Total	143 548 603	142 276 072	0,88%	~0,19%	~22%

Existem duas observações que se podem fazer após a leitura da Tabela 4. A primeira é que a percentagem de garrafas perdidas nos inspetores de vazio é uma fatia considerável das quebras totais dos enchimentos das linhas TP, comprovada pelos 22% de quebra real explicada pelas rejeições nos inspetores. E note-se que é a UNICER que acarreta com todos os custos. A segunda observação é que existe uma diferença de *performance* entre linhas, sugerida pelos 0,16% de amplitude das estimativas de rejeição (diferença entre a linha 5 TP e a linha 2).

Todas as garrafas rejeitadas no inspetor de vazio são colocadas em contentores de vidro, e são posteriormente vendidas aos fornecedores de vidro como matéria-prima, conhecida na indústria como casco. A UNICER tem contratos com os fornecedores de vidro nos quais está acordado um preço de venda por cada tonelada de casco.

Partindo do princípio que todas as garrafas rejeitadas têm defeitos, a única forma de baixar estas percentagens estaria exclusivamente dependente do recebimento de menos unidades defeituosas por parte dos fornecedores. Mas uma observação continuada destes equipamentos ao longo do projeto, juntamente com a aplicação da ideia dos 5 *whys*, revelou que existem problemas mais complexos associados ao seu funcionamento. Os problemas abordados são transversais a todas as linhas e a todos os tipos de garrafa.

4.1.1 Falsas rejeições

O problema mais sério observado nestes equipamentos de inspeção é a ocorrência sistemática de falsas rejeições. Existem garrafas que os EBIs expulsam da linha que aparentemente não apresentam quaisquer defeitos. Mais uma vez, a aplicação continuada da pergunta “porquê?” levou a que fossem apuradas algumas das causas que explicam tais acontecimentos.

Sujidade no equipamento

Muitas vezes, a acumulação de detritos ou fluído lubrificante no interior do equipamento (por exemplo, nas próprias câmaras, ou nos espelhos), como se pode ver na Figura 17, pode fazer com que os registos fotográficos fiquem comprometidos. A unidade de controlo interpreta estes registos como garrafas com defeitos, e acaba por rejeitar uma percentagem de garrafas sem problemas.



Figura 17 – Sujidade causada por lubrificação excessiva, no EBI #1 da linha 5

O problema da sujidade no equipamento pode ser resolvido sem recorrer aos técnicos do departamento de manutenção – basta apenas fazer uma limpeza ao interior do equipamento, um procedimento simples e rápido que se encontra *standardizado*.

Excesso de lubrificação nos tapetes transportadores

Quando os transportadores se encontram demasiado lubrificados, algum fluído fica depositado no fundo das garrafas, conforme ilustrado na Figura 18. As garrafas entram no EBI com esta acumulação, e quando a unidade de controlo analisa o registo fotográfico do fundo, muitas vezes classifica a espuma como algum tipo de defeito de fundo (ou até parede lateral), acabando por rejeitar estes recipientes. Este problema contribui também para o aumento da sujidade do EBI.



Figura 18 – Espuma no fundo de uma garrafa

A resolução do problema passa por diminuir a quantidade de lubrificante libertada pelos bicos injetores nos tapetes transportadores a montante do equipamento. A diminuição de lubrificação não pode, contudo, ser muito acentuada, sob pena se causar um excesso de atrito, que origina por sua vez problemas de garrafas tombadas no transporte. Em último caso, a solução passa por cortar temporariamente a injeção de lubrificante no cadeado anterior ao de entrada ao EBI.

Sensibilidade do Equipamento

A sensibilidade do contexto do inspetor de vazio, pode-se definir como o grau de inspeção a partir do qual um defeito é considerado prejudicial no processo e, como tal, justifique uma rejeição. Em certas ocasiões, os valores padrão deste parâmetro levam a elevadas taxas de rejeição. E isto pode acontecer por diferentes razões, sendo uma das mais comuns o facto de certos defeitos visuais menores terem diferentes graus de intensidade. Como tal, os inspetores muitas vezes rejeitam garrafas cujos defeitos visuais menores dificilmente são detetáveis a olho nu. Este problema verifica-se sobretudo em garrafas com tonalidades mais escuras (por exemplo, âmbar), devido à maior dificuldade do equipamento em fazer a inspeção.

A título de exemplo, para melhor compreender o problema, utiliza-se o defeito de corpo martelado (visível na Figura 19), que se categoriza como menor e visual. O corpo martelado pode compreender vários graus de intensidade, e em certos casos esta é tão baixa que o defeito pode existir mas não ser visível a olho nu. No entanto, os parâmetros de sensibilidade do inspetor podem fazer com que o equipamento rejeite estas garrafas.

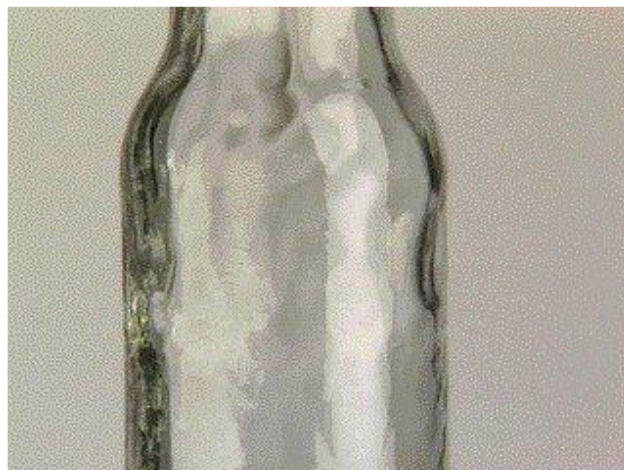


Figura 19 – Garrafa com defeito menor visual “corpo martelado”

Outra razão comum é a variabilidade das características das garrafas de fornecedor para fornecedor. Por exemplo, a variação da cor das garrafas entre dois fornecedores pode ser um dos motivos – um inspetor muito sensível pode aceitar as garrafas do primeiro fornecedor e rejeitar em excesso as garrafas do segundo, mesmo que os dois cumpram os parâmetros contratualizados.

A resolução de eventuais problemas deste género passa pelo ajuste dos parâmetros da máquina para um nível mais equilibrado. No entanto, não se pode baixar demasiado a sensibilidade do equipamento, sob pena de este deixar passar garrafas com defeitos significativos. Na prática, só se modificam estes parâmetros caso não haja alternativa.

As pessoas da empresa que têm competência para ajustar os parâmetros de sensibilidade dos inspetores de vazio são os técnicos de manutenção elétrica, que fazem parte do departamento de manutenção. E por cada mudança nos parâmetros, é necessário fazer um teste de validação do equipamento, levado a cabo pelo departamento de qualidade da empresa, salvaguardando desta forma a qualidade das garrafas que passam no controlo.

4.1.2 Comparação da *performance* por linha e tipo de garrafa

Existem alguns tipos de garrafa utilizados em enchimentos de mais do que uma linha. As causas identificadas e a hipótese de existir uma variação de *performance* dos equipamentos levaram à ideia de estudar mais a fundo estas diferenças, comparando as *performances* dos inspetores das linhas, mas agora por tipo de garrafa. Como os inspetores são todos idênticos, o expectável seria uma *performance* semelhante entre equipamentos para cada tipo de garrafa.

Na Tabela 5 apresentam-se as estimativas de rejeição por tipo de garrafa e por linha, de 1 de janeiro a 30 de abril de 2016.

Tabela 5 – Comparação da *performance* dos EBIs por garrafa (de 1jan a 30abr 2016)

	QEBI %			Amplitude
	Linha 2	Linha 5 TP	Linha 6	
Gf SB 20 cl TP ID	0,121%	0,440%	-	0,319%
Gf SB 25 cl TP ID	0,088%	0,207%	0,083%	0,124%
Gf SB 33 cl TP ID	0,166%	0,218%	0,198%	0,052%
Gf Cristal/Cheers 0,33 TP OPT	0,257%	0,339%	0,289%	0,082%
Amplitude	0,169%	0,233%	0,203%	

A partir da leitura da Tabela 5, observa-se que as amplitudes das estimativas de rejeição por linha (com o tipo de garrafa fixo) sugerem, mais uma vez, a existência de uma diferença nas *performances* dos inspetores (em concordância com a observação levantada em relação à Tabela 4). Observa-se ainda que existe uma diferença do desempenho dos EBIs por garrafa, sugerida pela amplitude das estimativas de rejeição por tipo de garrafa (com a linha fixa). Tal pode levar à conclusão que o tipo de garrafa é uma variável que condiciona o processo, o que não é suposto acontecer, já que os parâmetros AQL contratualizados com os fornecedores são independentes do tipo de garrafa.

4.1.3 Situação atual

Os inspetores de garrafas vazias são fundamentais na garantia de qualidade dos produtos acabados. No entanto, o seu mau funcionamento pode levar à rejeição de quantidades consideráveis de matéria-prima sem inconformidades, e conseqüentemente apresentar custos desnecessários à empresa.

Torna-se desta forma prioritário que os procedimentos face a problemas com estes equipamentos estejam bem definidos e orientados para ações rápidas, aquando da deteção de problemas. No entanto, não existem atualmente procedimentos definidos, e na maioria das vezes a resposta a problemas acaba por ser tardia. A uniformização inexistente pode ser a explicação para a variação da *performance* dos inspetores por linha.

Normalmente, a acumulação de garrafas exagerada na mesa de rejeição do inspetor leva os operadores a suspeitar de um problema, como retrata a Figura 20.



Figura 20 – Mesa de rejeição do EBI da linha 6

Um outro *trigger* ocorre quando o painel de estatística do EBI, ilustrado pela Figura 21, apresenta percentagens de rejeição elevadas. Não existem, no entanto, quaisquer valores de referência estabelecidos que definam os valores de percentagens de rejeição elevadas. É com base na experiência adquirida que os operadores vão identificando problemas.



Figura 21 – Interface do EBI da linha 6

É importante salientar que os operadores das linhas, salvo algumas exceções, nunca tiveram antes qualquer formação sobre defeitos de garrafas antes do projeto. O que acontece no *shopfloor*⁶ é que alguns operadores foram aprendendo a detetar defeitos em inspeções visuais, com a experiência adquirida no exercício da sua função.

⁶ *Shopfloor* é uma palavra inglesa que significa “chão de fábrica”.

4.1.4 Medidas de resolução

Está-se perante uma situação em que não há procedimentos definidos. Os problemas já estão devidamente identificados e estruturados. Com o objetivo final de minimizar as quebras, o primeiro passo a tomar é estabilizar um processo que neste momento apresenta uma grande instabilidade. Para tal, implementou-se um ciclo SDCA. O objetivo é garantir que em todos os turnos, as rejeições são minimizadas nas linhas 2, 5 e 6, sem comprometer a qualidade do controlo. E a principal forma para garantir este objetivo passa sobretudo pela minimização do tempo de deteção e resolução de eventuais problemas. Para tal, foi desenvolvido um conjunto de medidas.

- *Formação dos operadores sobre garrafas de vidro e os seus defeitos*

As garrafas representam uma das principais e mais abundantes matérias-primas utilizadas no enchimento da UNICER. Como tal, é indispensável que os técnicos que operam nas linhas de enchimento tenham um conhecimento elementar da sua natureza e das suas características, bem como nos defeitos que podem conter.

O primeiro passo consistiu na aposta em formação de todos os operadores das linhas de garrafa no que toca aos defeitos de garrafas de vidro. A formação foi preparada e dada em conjunto com o responsável da qualidade do serviço de enchimento da empresa, uma pessoa com experiência e competência adquirida para dar formação nesta área. A formação incidiu sobretudo nos defeitos críticos, bem como nos menores mais comuns.

A formação permitiu aos operadores ficarem com a ideia dos defeitos vários que poderão encontrar. Ao mesmo tempo serviu como uma forma de os consciencializar para os perigos de defeitos críticos e o enorme desperdício de garrafas sem defeitos, e sensibilizá-los para não ignorarem estes problemas. A formação permitiu ainda que os técnicos adquirissem os conhecimentos elementares necessários para efetuarem inspeções visuais de garrafas.

- *Procedimentos standardizados de verificação das garrafas e estatística dos EBIs*

A segunda medida foi a criação e implementação de um procedimento *standard*, com vista na uniformização das ações em todas as linhas mediante o aparecimento de falsas rejeições, ou mediante o aparecimento de taxas elevadas de defeitos reais nas garrafas.

Atualmente, nas linhas de enchimento, é feito um teste aos inspetores de vazio, denominado autocontrolo do inspetor de vazio, que tem como objetivo verificar se o equipamento está a funcionar corretamente. Consiste em passar no equipamento garrafas-teste com defeitos simulados. Caso o equipamento detete e rejeite todas as garrafas-teste segundo as regras estabelecidas, então passa no teste. Caso contrário, a inspeção não está a ser feita corretamente, pelo que a linha tem de parar. Este teste é realizado em cada enchimento, com uma frequência de 40.000 garrafas. Se o teste não for realizado, a linha pára automaticamente.

A realização deste teste é utilizada como *trigger* para o novo procedimento, que consiste numa verificação da sua estatística no momento, e a comparação dos seus valores com um conjunto de valores *target* pré-definidos. A elevada taxa de rejeições por tipo de defeito que o EBI mostra na sua *interface* é o fator determinante, por ser considerado um bom indicador da existência de potenciais problemas. Caso se verifique algum valor acima do estabelecido, então é desencadeada uma série de ações, cuja finalidade é a resolução do potencial problema.

O desenvolvimento dos *targets* começou com o cálculo de uma estimativa da média (\bar{x}) e desvio padrão (s) de cada categoria de defeito dos inspetores, com base no histórico de rejeição dos equipamentos das linhas 2 e 6, agregados por turno, desde o início de janeiro até ao fim de abril de 2016. O tamanho da amostra (que na prática se traduz no número de turnos) foi 653.

Surgiu a ideia de fazer uma primeira estimativa do limite superior do intervalo de confiança do valor esperado, e verificar até que ponto é que os valores fariam sentido. Os resultados obtidos apresentam-se na Tabela 6.

Tabela 6 – Estimativas de *targets* para os inspetores de vazio

Tipo de Defeito	\bar{x}	s	<i>Target</i> ($\bar{x} + 2s$)
Fundo	0,06%	0,13%	0,32%
Embocadura	0,07%	0,14%	0,34%
Parede	0,08%	0,11%	0,29%

Com a discussão dos valores obtidos com os responsáveis do enchimento, chegou-se à conclusão que, de uma forma empírica, os valores obtidos eram satisfatórios, e constituíam um bom ponto de partida. No entanto, decidiu adotar-se o valor de 0,30% como valor limite para todos os tipos de rejeição, por haver apenas uma ligeira flutuação entre este valor e o dos *targets* estimados, e por forma a garantir uma maior simplicidade do procedimento.

O procedimento, cujo desenvolvimento também foi acompanhado pelos responsáveis do enchimento indica que, na presença de rejeições elevadas, se faça uma inspeção visual às garrafas presentes nas mesas de rejeição, por parte dos técnicos de linha. Na eventualidade de se encontrarem defeitos, existe a indicação de tomar uma série de ações em conformidade com a gravidade do defeito encontrado; caso contrário, verifica-se se o inspetor está limpo, e em caso negativo procede-se à limpeza. Caso o problema persista mesmo com o equipamento limpo, parte-se para a intervenção dos técnicos de manutenção elétrica, por forma a avaliar a situação e ajustar os parâmetros do inspetor. O procedimento termina com um novo teste de autocontrolo, no caso da intervenção da manutenção, e com o esvaziar da mesa de rejeições.

O *set* de etapas a seguir foi ilustrado sob a forma de fluxograma. Este diagrama foi posteriormente adaptado para o POS (Procedimento Operacional *Standard*), segundo o *template* utilizado pela UNICER para o efeito, e afixado nos inspetores de vazio das linhas 2, 5 e 6. Este documento pode ser consultado no Anexo C.

O novo procedimento garante que existe uma inspeção das taxas de rejeição com uma frequência cíclica e que, na presença de um potencial problema, são tomadas medidas de resolução – algo que não era feito antes.

É importante mencionar que, em cada etapa do procedimento, foi garantida coerência no que toca aos procedimentos atuais do departamento da qualidade: garante-se que o teste de autocontrolo é sempre realizado no fim como medida de prevenção, e que cada tipo de defeito encontrado tem um *set* de passos a seguir exatamente de acordo com o que o departamento estipula nos seus procedimentos.

É ainda importante referir que a formação sobre garrafas supramencionada foi uma condição indispensável para permitir a criação e implementação do procedimento, na medida em que garantiu que os operadores têm competências para fazer inspeções visuais de garrafas.

4.2 Rejeições no FMS

Os sistemas de gestão de enchimento são equipamentos presentes nas quatro linhas de enchimento. Foram instalados em todas as linhas de enchimento de garrafa no ano 2012, encontrando-se posicionados logo após as enchedoras.

Para cada tipo de garrafa existe um programa próprio de inspeção, de acordo com as suas características. As garrafas acabadas de sair da enchedora, cheias e com cápsula, são inspecionadas segundo os parâmetros seguintes:

- *Air Result*

Quando existem avarias ou encravamentos na enchedora e esta pára, existe uma quantidade de garrafas que passaram na etapa do enchimento mas que não chegaram à etapa de injeção de água quente para se dar a espumagem. Nestas garrafas, a exposição da cerveja ao oxigénio presente na atmosfera é superior à desejável, o que se pode traduzir numa deterioração acelerada da bebida. No caso da paragem da enchedora, então o equipamento seleciona as garrafas que estiveram expostas ao ar e empurra-as para a mesa de rejeição assim que a enchedora volte a entrar em funcionamento.

- *Cap Presence*

Rejeições por falta de cápsula podem indicar problemas no mecanismo de capsulagem. Este tipo de rejeição é necessário não só porque uma garrafa sem cápsula constitui um produto defeituoso, mas também porque desta forma também se evita que entrem no pasteurizador garrafas sem cápsula. Este acontecimento é indesejável, na medida em que as garrafas não capsuladas podem transbordar no processo de pasteurização, o que resulta na contaminação do interior do equipamento com cerveja.

- *Underfill e Overfill (UF e OF)*

Verificações da quantidade de bebida introduzida na embalagem, definidos pela altura (nível), que podem acontecer por falta ou por excesso. A rejeição OF é importante, na medida em que garrafas com excesso de bebida se podem traduzir em garrafas cuja cápsula salte, na pasteurização (devido às elevadas pressões internas causadas pelo aumento da temperatura); excesso de cerveja representa ainda quebras de cerveja; garrafas com UF, por outro lado, representam um problema por apresentarem nível inferior ao que está estabelecido nas especificações do produto. As rejeições de nível usualmente indicam problemas na enchedora.

- *Bottle Burst*

É ainda feita uma contagem de rebentamentos na enchedora – são acontecimentos comuns mas preocupantes, pois podem significar problemas nas próprias garrafas (defeitos mensuráveis na sua maioria) que o inspetor de vazio não tem capacidade para detetar. Por exemplo, um lote de garrafas no qual a espessura do vidro está anormalmente baixa, e conseqüentemente não suporta as pressões a que é sujeito no processo de enchimento, vai traduzir-se em rebentamentos na enchedora. A baixa espessura do vidro pode refletir-se também em quebras por choques mecânicos durante o enchimento, ou mesmo no aparecimento de garrafas partidas nas paletes de produto acabado já fora da linha de enchimento, também por choques mecânicos (por exemplo no transporte). Por estes motivos, o *Bottle Burst* representa um indicador importante para o departamento da qualidade da empresa.

É importante enfatizar que quando existe um rebentamento na enchedora, é rejeitado um conjunto de garrafas adjacente à que rebentou. Esta consequência, diretamente ligada à qualidade, advém do facto de existir possibilidade de fragmentos de vidro resultantes do rebentamento saltarem para o interior das garrafas que se encontram a montante ou a jusante. Desta forma garante-se que não existe hipótese de seguirem para o mercado garrafas com fragmentos de vidro no seu interior.

A inspeção das garrafas, levada a cabo tanto no FMS como no inspetor da rotuladora, é uma etapa fulcral no enchimento, sob várias perspetivas. Por motivos legais, uma garrafa não pode seguir como produto acabado se tiver uma quantidade de bebida inferior à que está especificada.

Da perspetiva da qualidade, também é um problema entregar ao cliente um produto não conforme. Vender bebidas ao cliente com nível baixo pode, por exemplo, levar à sua insatisfação. Situação ainda mais crítica é a da segurança alimentar. Caso existam, por exemplo, rebentamentos não detetados que resultem em contaminação do interior de produto acabado com fragmentos de vidro, a segurança do consumidor é colocada em causa, motivo pelo qual o mecanismo de controlo destes acontecimentos é imprescindível. Na ótica da quebra de garrafas, o foco do presente projeto, a inspeção de cheio é uma forma de detetar problemas e garantir que as quebras são minimizadas em todas as vertentes. Isto porque num dado enchimento, cada garrafa rejeitada no FMS ou no inspetor da rotuladora é, na realidade, contabilizada como uma quebra de garrafa nesse enchimento, já que representa uma GRA que não se converte em GEA.

É ainda importante dizer que estes equipamentos se encontram estrategicamente localizados. A sua posição relativa na linha, logo após as enchedoras, permite que as inspeções neles efetuadas levem à deteção rápida de problemas pontuais no processo de enchimento e capsulagem, e consequentemente a ações rápidas para a sua resolução.

4.2.1 Situação atual

No capítulo anterior, ficou explícito que os inspetores em questão são poderosos equipamentos para a deteção e posterior resolução de problemas. No entanto, durante o projeto, verificou-se que, na prática, as funcionalidades destes inspetores não são aproveitadas na totalidade.

Através da observação do seu funcionamento no *gemba*, e também através do *feedback* dos responsáveis das linhas, constataram-se anomalias no funcionamento destes inspetores, e a não existência de procedimentos uniformizados em relação a estes equipamentos. Observou-se que cada uma das linhas apresenta práticas e problemas distintos. Os procedimentos atuais, que não estão *standardizados*, foram levantados em cada uma das linhas.

Na linha 2, o FMS tem apenas um programa, para as garrafas “SB 25 cl TP ID”, pelo que apenas funciona sem anomalias quando se enchem SKUs que utilizem esta garrafa. Nos restantes formatos, é utilizado o mesmo programa, mas as suas funcionalidades são desativadas, excetuando-se a inspeção por cápsula. Este controlo continua ativo porque o princípio de inspeção garante o seu funcionamento em todos os SKUs independentemente do tipo de garrafa.

Nesta linha, quando são processadas garrafas de outros tipos, as inspeções são feitas pelos operadores “a olho”. É com a experiência do técnicos da linha que estes verificam se estão a sair da enchedora garrafas com anormalidades de nível.

Nas linhas 5 e 6, já existem programas de deteção para todos os tipos de garrafas. Em relação aos procedimentos, o atual *trigger* de deteção de problemas dá-se quando os operadores encontram a mesa de rejeição da enchedora com muitas garrafas rejeitadas. É de seguida verificado o painel de estatística do FMS, ilustrado pela Figura 22, procurando-se as causas das rejeições, e que ações tomar caso se identifique um problema.

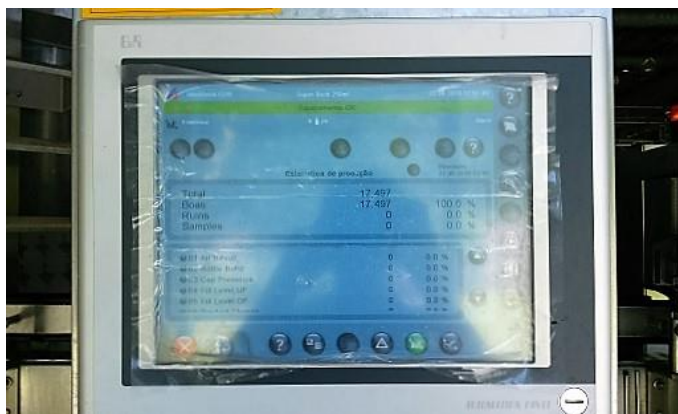


Figura 22 – Interface do FMS da linha 6

Foi ainda identificada outra irregularidade transversal a todas as linhas: a rejeição por OF (*Overfill*) não funciona em nenhum inspetor, independentemente do tipo de garrafa.

A juntar a tudo isto, foi verificada mais uma não conformidade. Quando um FMS avaria, a linha continua a operar normalmente, e verificou-se que não é dada prioridade à alocação de recursos para a resolução da avaria. Isto compromete a deteção de problemas e pode fazer com que produtos defeituosos sigam para as próximas etapas do processo. As garrafas voltam a ser inspeccionadas por UF e a cápsula nos inspetores de cheio das rotuladoras. E existe a ideia geral, da parte dos técnicos de linha, que o inspetor da rotuladora apresenta uma maior robustez, bem como uma maior eficácia na deteção UF.

Mediante anormalidades no FMS, as garrafas com UF ou sem cápsula são rejeitadas após a pasteurização. No entanto, é preciso ter em conta que a pasteurização é um processo relativamente lento. O tempo que uma garrafa leva no processo, desde a entrada até à saída do pasteurizador, é em média de 50 minutos.

A deteção de eventuais problemas será, como tal, tardia, havendo já garrafas com potenciais defeitos a ser processadas no pasteurizador. Tal facto, por um lado, traduz-se num número de quebras que poderiam ter sido evitadas e, por outro lado, acaba por tornar a linha menos eficiente, ao consumir recursos no processamento de produtos defeituosos.

É de salientar que sempre que os produtos compatíveis com retorno⁷ são rejeitados por UF, os operadores voltam a colocar as garrafas manualmente nas linhas, antes do pasteurizador. Esta prática acontece porque a bebida tem de ser previamente pasteurizada para se poder reaproveitar. As bebidas, já pasteurizadas, voltam a ser rejeitadas na rotuladora, e daí seguem para o retorno. Caso a bebida não se enquadre nos parâmetros de reaproveitamento, então os produtos rejeitados são simplesmente despejados. Em ambos os casos, as garrafas são colocadas em contentores e também vendidas como casco aos vidreiros, tal como acontece com as rejeições nos EBIs.

A Tabela 7 mostra as estimativas de rejeições UF (Q_{UF} %) e garrafas sem cápsula (Q_{Cap} %) obtidas no inspetor da rotuladora, por linha e por tipo, desde o primeiro dia de 2016 até ao fim de abril do mesmo ano (baseadas nos dados dos complementos) e as rejeições com as percentagens das quebras reais das linhas, para o mesmo intervalo de tempo, presentes na Tabela 4.

Tabela 7 – Estimativa das rejeições no inspetor de cheio #2 (de 1jan a 30abr 2016)

Estimativa	Linha 2	Linha 5 (TP)	Linha 6
Q_{UF} %	~0,09%	~0,11%	~0,10%
Q_{Cap} %	~0,10%	~0,04%	~0,07%
Q_{UF} % + Q_{Cap} %	~0,19%	~0,15%	~0,17%
$(Q_{UF}$ % + Q_{Cap} %) / Q_{Real} %	~29%	~22%	~11%

Através desta tabela, pode verificar-se que a rejeição por UF e por cápsula tem um peso significativo na quebra real, em todas as linhas. A linha 2 revela ter um peso relativamente elevado quando comparado com as restantes linhas, o que pode ser explicado pelos problemas existentes atualmente no seu inspetor.

⁷ Retorno é um processo realizado na unidade de Leça do Balio da UNICER, cujo objetivo é o reaproveitamento de cerveja para outros fins. Existe uma linha de produção na fábrica, conhecida por linha de retorno, na qual é feita a abertura dos produtos, o seu despejo, e o armazenamento em cubas. Apenas um número limitado de bebidas é utilizado para retorno (sobretudo cervejas sem aroma, com ou sem álcool).

Mediante os valores contidos na mesma tabela, colocou-se a hipótese da existência de uma percentagem considerável de rejeições que poderiam potencialmente ser evitadas caso os inspetores FMS estivessem em condições ideais de funcionamento. Por um lado, as rejeições UF rejeitadas no inspetor da rotuladora podem ser garrafas com nível baixo que não foram detetadas (nem pelo FMS nem pelos operadores), ou poderão ser também garrafas que voltaram a ser colocadas na linha depois de terem sido detetadas (de acordo com o procedimento supracitado no que toca à linha de retorno). Por outro lado, as garrafas que passam na rotuladora sem cápsula são, na sua maioria, garrafas que foram demasiado cheias (e que deveriam ter sido rejeitadas por OF no FMS) e cuja cápsula saltou devido às elevadas pressões internas causadas pela temperatura atingida no pasteurizador.

Todos os factos até agora expostos levam à colocação da hipótese de existir uma quebra inflacionada, causada pelo funcionamento anormal dos equipamentos, bem como pela ausência de procedimentos definidos.

4.2.2 Medidas de resolução

Tal como o caso dos inspetores de vazio previamente abordado, a melhor forma de garantir que as quebras de garrafa neste local são mínimas passa sobretudo pela minimização do tempo de deteção e resolução de eventuais problemas na enchedora. É, no entanto, necessário garantir que os equipamentos estão em condições de funcionamento.

O objetivo é garantir que em todos os turnos, as rejeições nos FMS de todas as linhas de enchimento de garrafas TP são minimizadas. Iniciou-se um ciclo SDCA, por forma a uniformizar o método de atuação mediante o aparecimento de problemas. Para tal, foram desenvolvidas medidas, que se apresentam abaixo.

- *Aposta na resolução dos problemas dos equipamentos*

A primeira e mais importante medida para garantir que o objetivo é atingido é garantir que os sistemas FMS se encontram em pleno estado de funcionamento. É necessário, desta forma, trabalhar em conjunto com o fornecedor dos equipamentos para atingir este fim. A aposta na criação e implementação de programas adequados para cada tipo de garrafa, bem como na formação dos operadores de linha e dos técnicos superiores sobre as características e funcionamento dos equipamentos, são passos indispensáveis para que o objetivo possa ser atingido.

- *Criação de um procedimento standard de verificação da estatística do FMS*

À semelhança do procedimento do inspetor de vazio, foi desenvolvido um novo procedimento que indica que, a cada autocontrolo da enchedora, exista uma verificação da estatística disponibilizada no FMS, e a comparação dos valores com um conjunto de *targets* pré-definidos.

Atualmente, nas linhas de enchimento, é feito um teste na enchedora, denominado autocontrolo da enchedora. A enchedora tem uma opção de simulação de rebentamentos de garrafas: ao seleccionar esta opção, a enchedora simula um rebentamento, com o objetivo de verificar se as garrafas adjacentes são rejeitadas. A falha do teste indica uma falha na deteção de rebentamentos e, como tal, implica a paragem da linha, para se fazer o diagnóstico da causa.

O teste supracitado é realizado com a mesma frequência do autocontrolo do inspetor de vazio: ciclos de 40.000 garrafas. O novo procedimento desenvolvido para o inspetor utiliza este teste como *trigger*.

Visando a uniformização do processo e conseqüentemente a sua estabilização, a ideia é implementar este procedimento nas linhas 2, 5 e 6. O procedimento indica que, na presença de uma percentagem de rejeição por OF ou UF acima dos valores *target* estipulados (um indicador da presença de um potencial problema), se levem a cabo uma série de verificações na enchedora, por forma a detetar problemas, e conseqüentemente solucioná-los. Estas verificações vêm diretamente do manual de cada enchedora. O objetivo do procedimento é minimizar as rejeições por UF, bem como minimizar as atuais rejeições por cápsula na rotuladora, causadas por OF não detetado após a enchedora.

Os *targets* utilizados têm por base *targets* previamente desenvolvidos pela gestão do enchimento para o inspetor da rotuladora. A rejeição por UF tem de ser inferior a 0,03%, pelo que se admite um *target* igual para o FMS. A rejeição máxima por cápsula na rotuladora) está definida em 0,02% – dada a relação causa-efeito existente entre garrafas com OF não detetadas e rejeições por cápsula no inspetor da rotuladora (devidas aos rebentamentos no pasteurizador), o limite a admitir para OF no FMS fica também igual.

O procedimento foi descrito sob forma de fluxograma. Foram criados procedimentos operacionais *standard* para cada uma das linhas, e em cada um deles foi embutido este diagrama. Cada POS inclui em anexo duas tabelas com as causas frequentes de problemas relacionados com UF e OF, bem como medidas para a sua resolução, que diferem de linha para linha (já que as enchedoras diferem de linha para linha). Este procedimento será oportunamente colocado junto aos inspetores FMS de cada linha. A primeira página do POS, que é comum a todas as linhas e contém o fluxograma do procedimento, pode ser consultado no Anexo D.

O novo procedimento garante, de uma forma idêntica ao procedimento desenvolvido para o inspetor de vazio, que existe uma inspeção das taxas de rejeição UF e OF com uma frequência cíclica e que, na presença de um potencial problema, estão disponíveis informações para identificar e eliminar as suas causas.

Resta ainda mencionar que os restantes pontos de inspeção no FMS – presença de oxigénio, falta de cápsula e rebentamentos, não foram incluídos neste procedimento. Isto deve-se a motivos diferentes: no caso da presença de oxigénio, só existem problemas do género quando a enchedora encrava ou para por algum problema, pelo que não faz sentido inclui-la no presente procedimento; a falta de cápsula, por sua vez, é um problema que na maioria dos casos origina encravamentos na enchedora, o que por si só leva a ações rápidas para resolver os problemas de capsulagem e voltar a colocar a linha em funcionamento; por fim, o *Bottle Burst* também não se aborda porque já existem *targets* e procedimentos definidos em relação a este indicador.

4.3 Reaproveitamento de garrafas na linha 5

Aquando da realização do projeto, surgiu a ideia de avaliar até que ponto se tornaria compensatório reaproveitar as garrafas TP que de outra forma seguiriam para contentores de casco. Estas garrafas são provenientes das quebras nas linhas (como por exemplo garrafas resultantes dos despejos na linha de retorno), paletes de produto bloqueado pelo departamento da qualidade (mediante a avaliação prévia), produto em fim de validade no armazém e devoluções de clientes.

Definiu-se a linha 5 como modelo para avaliar a hipótese do reaproveitamento. Esta linha está preparada para enchimentos de garrafas TP e TR. O processo de enchimento destas garrafas pode ser considerado como um “misto” entre enchimento TP e TR: é necessária a lavagem prévia das garrafas para higienização e remoção de rótulos, e a linha 5 tem os equipamentos necessários para tal.

Nesta fase inicial, também ficaram definidos os tipos de garrafa para reaproveitamento: as garrafas “SB 20 cl TP ID”, “SB 25 cl TP ID” e “SB 33 cl TP ID”. Foram escolhidos estes tipos de garrafa por constituírem um elevado volume de enchimento anual, em termos relativos.

4.3.1 Mapeamento do novo processo

O processo, desde a receção de vasilhame até à sua utilização, apresenta uma elevada complexidade; é necessária a intervenção de departamentos diversos nas diferentes fases. De uma forma resumida, o processo na totalidade compreende as *baselines* seguintes:

1. Identificar e seleccionar o tipo e a origem das garrafas a recuperar;
2. Preparar e transportar as garrafas a recuperar para um local de armazenamento;
3. Armazenar as garrafas;
4. Planear enchimentos com as garrafas recuperadas;
5. Efetuar o enchimento com as garrafas recuperadas.

Existe ainda uma etapa extraordinária que foi considerada. Trata-se da avaliação dos custos relacionados com o processo na sua totalidade.

Por forma a esquematizar as principais etapas deste processo, bem como os seus respetivos intervenientes e os seus papéis, realizou-se uma matriz de responsabilidades, ferramenta que a UNICER normalmente utiliza no mapeamento de novos processos. Este diagrama pode ser consultado no Anexo E.

Cada um dos pontos mencionados acima compreende subprocessos, cada um com tarefas e intervenientes distintos. No âmbito do projeto, a *baseline* relevante é a realização de enchimentos com garrafa recuperada (ponto 5).

4.3.2 Comparação de custos face ao uso de garrafa nova

Neste subcapítulo, é levada a cabo uma análise comparativa do custo inerente a fazer um enchimento utilizando garrafas novas (caso 1), face ao custo de fazer enchimentos com garrafa recuperada (caso 2). A realização desta análise é necessária para avaliar a partir de que ponto é que os enchimentos com garrafa recuperada se tornam compensatórios do ponto de vista económico.

A principal vantagem do enchimento de garrafa recuperada, face a um enchimento normal, associa-se à poupança de garrafa TP nova – o custo de uma garrafa recuperada é zero, ao passo que o consumo de garrafa TP nova tem um custo associado. No entanto, existem custos no caso 2 que não existiriam num enchimento normal de garrafa TP nova. Face a um enchimento normal, encher com garrafa recuperada compreende os custos extraordinários seguintes:

- Custo de arranque e funcionamento do equipamento de lavagem da linha 5;
- Custo de um técnico de linha extra para operar a lavadora;
- Custo de oportunidade associado à cessação da venda de casco.

Elaborou-se um cenário de análise simples: estipulou-se, para o caso 2, que a lavadora estaria desligada, e que para reaproveitar as garrafas seria necessário arrancar a lavadora; admitiu-se ainda que estaria um prestador de serviços a operar o equipamento durante o seu arranque e funcionamento. Definiu-se um tipo específico de garrafa – “SB 33 TP ID”.

Abaixo apresenta-se com mais detalhe os custos incrementais referentes ao caso 2, bem como o seu método de cálculo. Estes podem ser fixos e/ou variáveis, sendo que os últimos são expressos em função do número de garrafas. No final, são apresentados os custos calculados, e é realizada a análise comparativa.

Arranque e funcionamento da lavadora

A lavadora é um equipamento que submete as garrafas a uma operação de lavagem para garantir a remoção de impurezas físicas, químicas e biológicas. Neste equipamento, as garrafas são higienizadas, de modo a eliminar restos de bebida, partículas, pó ou sujidade.

O equipamento dispõe de 9 tanques: 3 com água quente, 3 com soluções alcalinas, e 3 com água refrigerada. Dá-se o nome de banhos aos tanques quando estes estão cheios. As garrafas sujas entram no equipamento e são mergulhadas nestes banhos. De seguida, já limpas, as garrafas passam num chuveiro de água fresca, e saem prontas para as próximas fases do processo de enchimento.

A estimativa dos custos associados a este equipamento foi separada em duas partes: os custos de arranque, ou *setup*, e os de funcionamento. O custo do *setup* da lavadora é fixo, sendo calculado a partir do custo dos fluídos, energia e soda cáustica para encher os tanques, todos estes constantes. O custo de funcionamento é variável, já que existe consumo de energia e água numa base contínua, durante o seu funcionamento; estes custos foram inicialmente calculados em função do tempo.

Em certos casos, são adicionados aditivos aos banhos, para que a lavagem se torne mais eficaz. Nesta análise, partiu-se do princípio de que a lavagem é feita sem aditivos.

Assumiu-se que a lavadora opera à taxa de 60.000 garrafas/hora (taxa à qual o equipamento opera normalmente). Desta forma consegue calcular-se o custo de funcionamento do equipamento em função do número de garrafas. Para a realização destes cálculos, foram utilizados os valores de referência presentes no manual do equipamento, bem como as informações sobre os custos de energia, fluídos e soda cáustica presentes no SAP⁸ da empresa. As tabelas com todos os dados supramencionados podem ser consultadas no Anexo F.

Custo de um técnico extra a operar a lavadora

A operação da lavadora durante o enchimento implica a alocação de um técnico de enchimento extra presente na linha. Assumiu-se que este técnico é um prestador de serviços, pago por hora, e que são utilizadas duas horas no *setup* da máquina (custo fixo), sendo o restante tempo ditado em conformidade do tempo de operação da lavadora (custo variável). O custo, por hora, da contratação de um prestador de serviços é, em média, 6,35€. Este custo pode, como tal, ser também exprimido em função do número de garrafas, tendo em conta que se sabe a taxa de operação da lavadora e que o operador só se encontra a trabalhar enquanto o equipamento está a trabalhar.

Custo de oportunidade da venda de casco

Um dos custos diretamente relacionados com o enchimento é o custo de oportunidade da venda das garrafas caso estas não fossem reaproveitadas, sob forma de casco de vidro. A venda de casco faz-se por tonelada, e cada garrafa “SB 33 cl TP ID” pesa 196g. Cruzando estas constantes com o preço de venda de casco contratualizado com os vidreiros, 52,50€ em média, obteve-se uma estimativa das receitas que se perdem em função do número de garrafas aproveitado.

⁸ Sigla para *Systems, Applications & Products*. É o *software* utilizado na UNICER para gerir as operações de negócio.

Comparação de custos

Os custos fixos (CF) e variáveis (CV, por número de garrafas) descritos acima foram calculados, e encontram-se resumidos na Tabela 8:

Tabela 8 – Resumo dos custos associados ao enchimento com garrafa reaproveitada

Denominação	CF [€]	CV [€/1000 grfs]
Lavadora	2020,99	1,20
Operador extra	12,70	0,11
Casco	-	10,29
Total	2033,69	11,60

Os custos totais associados ao enchimento com garrafa reaproveitada (CT_{GR}) referidos na Tabela 8 podem também exprimir-se segundo a Equação (4.1):

$$CT_{GR} = 2033,69 + 11,60x, \quad (4.1)$$

onde:

CT_{GR} , é o custo total associado ao enchimento com garrafa reaproveitada, e x , o número de garrafas consumidas no enchimento (em milhares)

Resta agora comparar esta expressão, com a expressão que ilustra o custo do caso 1, no qual se contabiliza apenas o custo da garrafa nova. Cada garrafa do tipo “SB 33 cl TP ID” tem, em média, um custo de 0,08€. Como tal, o custo do caso 1 pode exprimir-se de acordo com a Equação (4.2):

$$CT_{GN} = 80x \quad (4.2)$$

Onde:

CT_{GN} , é o custo total associado ao enchimento com garrafa nova.

O passo seguinte foi representar as duas funções sob a forma de gráfico, para uma interpretação mais intuitiva. O gráfico encontra-se ilustrado na Figura 23.

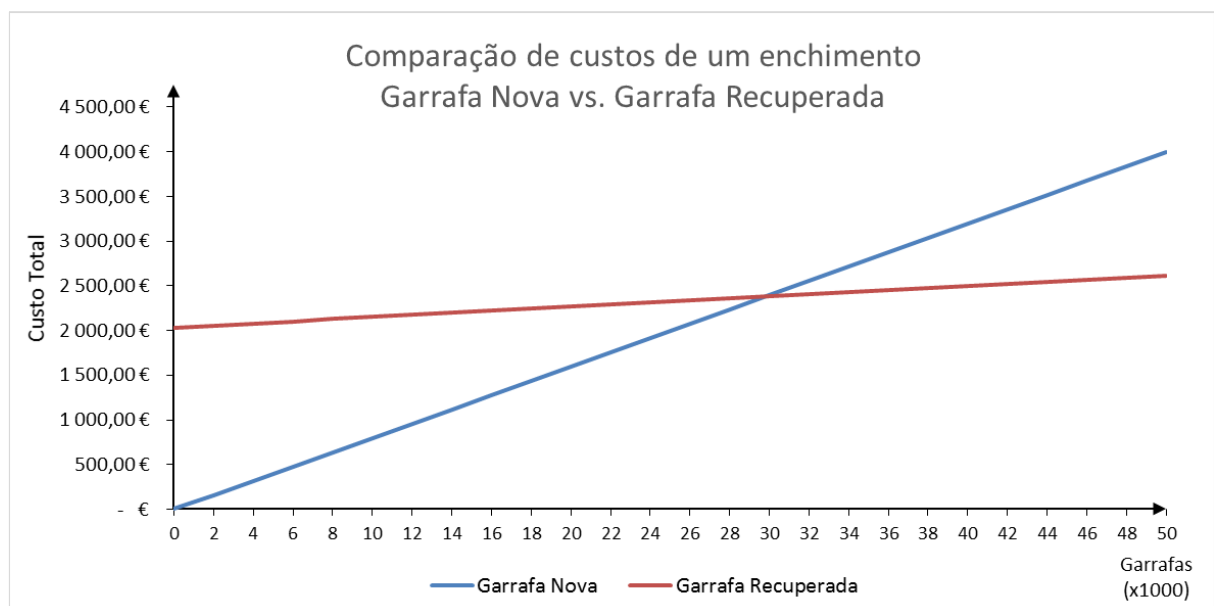


Figura 23 – Gráfico de comparação de custos de enchimento

O ponto onde as retas se intersectam tem como valor 29.732 garrafas. Este número de garrafas representa o lote mínimo de garrafa recuperada para que o processo se torne economicamente viável. Por forma a simplificar o processo de tomada de decisão, arredondou-se o número obtido, concluindo-se assim que nas condições assumidas, um enchimento de garrafa recuperada é viável do ponto de vista económico, desde que o lote de garrafa recuperada ultrapasse as 30.000 unidades.

4.4 Outros problemas identificados

Identificaram-se causas adicionais de quebras de garrafas durante o projeto para as quais são propostas soluções. Os possíveis impactos são, contudo, mais reduzidos face ao potencial das propostas supramencionadas.

4.4.1 Redução das rejeições no processo de rotulagem

A rotuladora é um equipamento cuja função é aplicar o rótulo, contra-rótulo e/ou gargantilha nas garrafas. Está presente em todas as linhas de enchimento de garrafas. Durante o projeto, foi identificada uma forma potencial de diminuir as rejeições na rotuladora, devido a rótulos não aplicados (o que pode acontecer por anomalias no equipamento). O problema aqui abordado é transversal a todos os tipos de garrafa, acontecendo nas linhas 5 e 6.

A rotuladora tem a disposição de carrossel. As garrafas entram no equipamento, nas quais são colocadas as gargantilhas, rótulos, e contra-rótulos, segundo esta ordem. São de seguida sujeitas a uma inspeção global e, caso seja detetada a falta de algum dos elementos, são desviadas para a mesa de rejeição. A Figura 24 representa a disposição da rotuladora da linha 6, e ajuda na compreensão do processo de rotulagem.

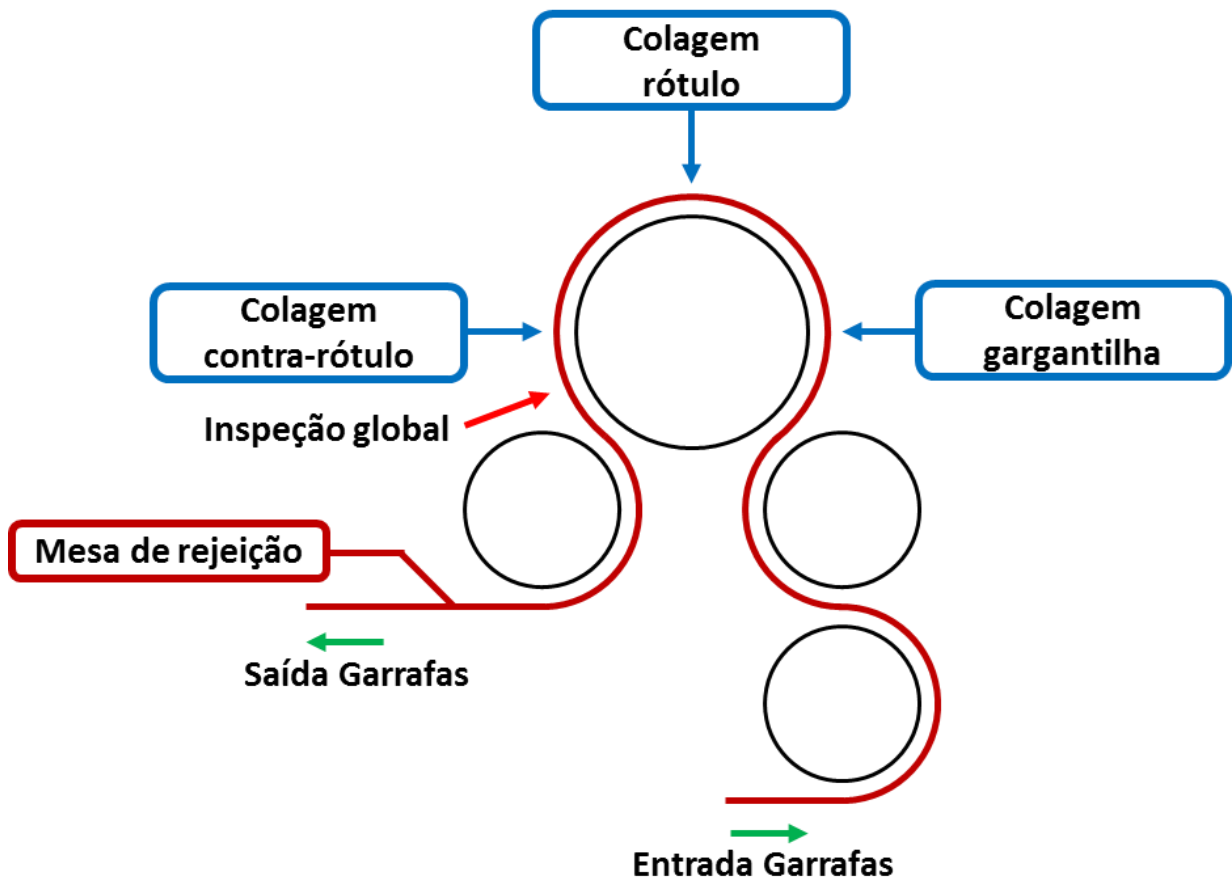


Figura 24 – *Layout* do carrossel da rotuladora

Por forma a prevenir o processamento de produtos defeituosos (garrafas com falta de algum tipo de rótulo), a rotuladora possui um mecanismo de paragem, baseado no conceito de *jidoka*. A máquina e a linha páram caso se rejeitem 5 garrafas consecutivas por falta de algum tipo de rótulo.

Quando existe uma avaria na aplicação de gargantilha, as garrafas seguem pelo carrossel, dá-se a aplicação de rótulo e contra-rótulo, e a avaria é apenas detetada após esta última colagem: apenas quando as primeiras 5 garrafas sem gargantilha passam na célula de inspeção é que o mecanismo de paragem atua. Passam, desta forma, um determinado número de garrafas pelas três colagens até que o problema seja detetado. Quando existe uma avaria na colagem do rótulo, a situação é semelhante, sendo o problema também detetado apenas após a última colagem.

O que acontece então é que a disposição da célula de inspeção de rótulo faz com que, na ocorrência de uma avaria na aplicação de gargantilha ou no rótulo, exista um número de garrafas com defeitos na rotulagem acima de 5. Caso exista um problema na gargantilha, são processadas 26 garrafas até que a primeira garrafa defeituosa seja detetada, pelo que ao todo são processadas 31 garrafas com defeito até que haja ordem para a máquina parar. No caso de avaria na aplicação do rótulo, acontece o mesmo, mas com 15 e 20 garrafas, respetivamente. Por forma a prevenir que exista este número extra de rejeições, propôs-se a alteração da disposição da inspeção de rótulo, conforme representado na Figura 25:

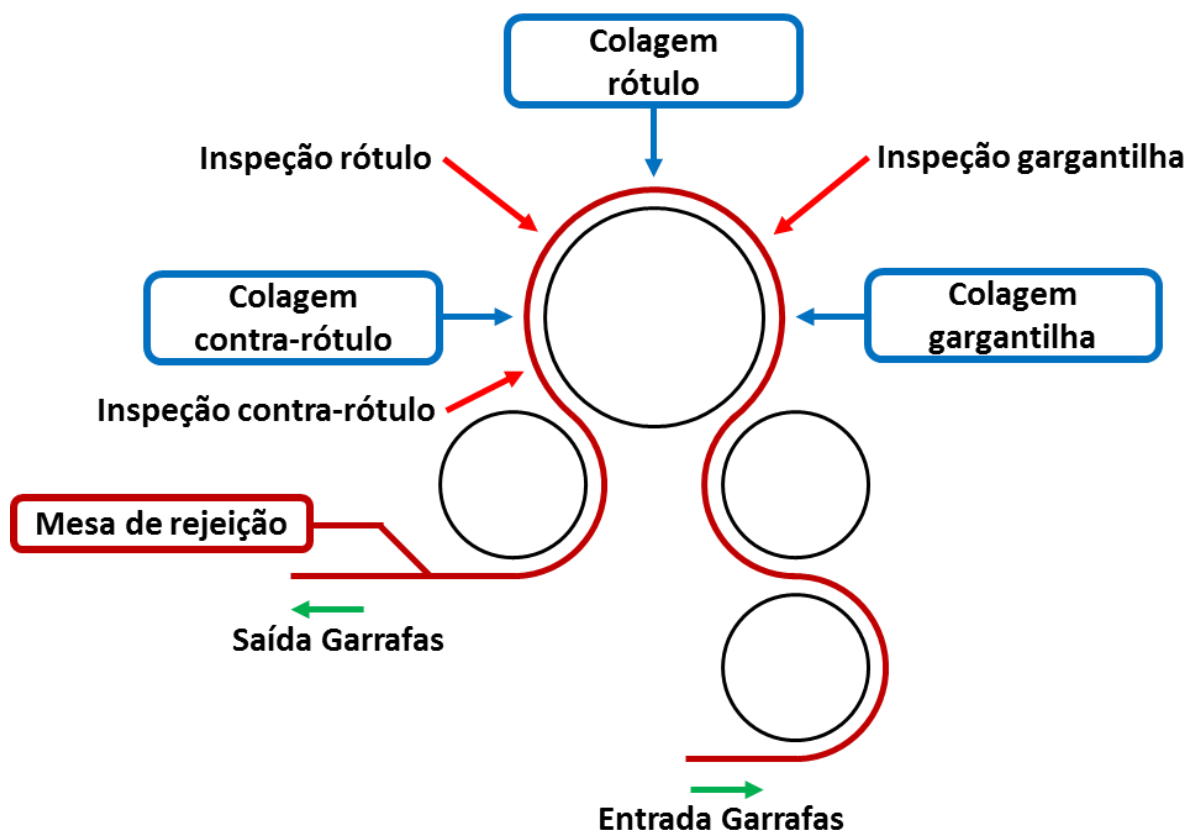


Figura 25 – Nova disposição da inspeção de rótulo

A inspeção de cada um dos tipos de rótulo logo a seguir à sua colagem faria com que não existisse o excesso atual de rejeições mediante a presença de problemas nas colagens. Um benefício secundário que pode decorrer desta implementação é a redução no gasto dos próprios rótulos, contra-rótulos e gargantilhas. Como tal, a sugestão de melhoria aqui proposta é a inclusão de células de inspeção para cada um dos tipos de rótulo, logo a seguir à sua colocação, nas rotuladoras das linhas 5 e 6 – que são as que padecem deste problema. Desta forma, poder-se-ia reprogramar o mecanismo de paragem automática do equipamento, garantindo a sua paragem assim que fossem detetados 5 produtos defeituosos em qualquer uma das células.

A implementação desta medida requer alterações estruturais no equipamento, a realizar pelo fornecedor. É preciso avaliar, no entanto, se existem condições para modificar o equipamento, para que se consigam obter os resultados pretendidos. Torna-se então necessário expôr a ideia apresentada ao fabricante do equipamento, para que este avalie a viabilidade da medida.

Como o *layout* das rotuladoras das linhas 5 e 6 são semelhantes, conclui-se que, com a aplicação desta medida, o *saving* previsto é de 26 ou 15 garrafas por avaria, caso exista um problema na colocação das gargantilhas ou dos rótulos, respetivamente.

4.4.2 Problemas com as paletes do tipo de garrafa “Cristal 1L TP”

Usualmente, as paletes de garrafas vazias são compostas por sucessivas fiadas separadas por intercalares, sendo que a fiada de topo também costuma conter um intercalar. Este intercalar no topo, que pode ser visto na Figura 26, tem um papel adicional na integridade da paleta, ao evitar que as garrafas nas extremidades da fiada de cima caiam.



Figura 26 – Paleta de garrafas normal (com intercalar no topo)

Foi observado, no entanto, que para um tipo específico de garrafa, as paletes de um determinado fornecedor não vêm com este intercalar no topo (ver Figura 27).



Figura 27 – Paletes de garrafa “Cristal 1L TP” do fornecedor em questão

O problema aqui é que as garrafas das extremidades tendem a cair quando os operadores estão a desfardar as paletes, em especial quando é removido o cartão no topo. Este acontecimento é atenuado quando os operadores cortam o plástico e só removem o cartão depois de recolherem manualmente as garrafas das extremidades. De qualquer forma, também existem quedas assim que se remove o plástico da paleta.

A juntar a isto, os operadores têm de manualmente colocar um intercalar no topo das paletes depois de as desfardarem. Este é um requisito para que a despaletizadora possa funcionar sem problemas. Ou seja, para além de causar uma quebra de vidro, este problema sobrecarrega os operadores, obrigando-os a fazer mais tarefas do que em situações normais.

Cada palete do tipo de garrafa em questão tem aproximadamente 1180 garrafas. A Tabela 9 ilustra três casos práticos:

Tabela 9 – Análise de cenários na despaletização de paletes sem intercalar no topo

Casos	Média de garrafas perdidas por palete	Percentagem de quebra por palete
Operador remove todas as garrafas	0	0%
Operador remove metade das garrafas	2	0,17%
Operador não remove nenhuma garrafa	4	0,34%

Se um dado enchimento deste tipo de garrafa for apenas alimentado por paletes compradas a este fornecedor, então uma componente da quebra, entre 0% e 0,34%, pode ser logo à partida justificada por esta causa, que não aconteceria caso a palete inclísse o intercalar do topo.

A solução passa por trabalhar em conjunto com o fornecedor, expondo o problema, para que este forneça as paletes com o intercalar no topo.

5 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

O presente estudo revelou que as linhas de enchimento de garrafas apresentam um problema de quebra de garrafas durante o processo de enchimento. Este problema é despoletado por causas variadas, sendo que uma parte destas é sistemática. Um estudo intensivo de algumas causas, com maior potencial de melhoria, levou à conclusão que existe a possibilidade de poupança significativa através da eliminação de desperdícios, sem incorrer em investimentos avultados.

O presente capítulo pretende apresentar a previsão dos efeitos resultantes da implementação das soluções propostas, bem como expor uma análise de resultados de outros trabalhos realizados e, por fim, dar a conhecer as limitações e sugestões para trabalhos futuros.

5.1 Soluções propostas

Abaixo discutem-se e analisam-se as soluções propostas no Capítulo 4.

- *Soluções contra a quebra nos EBIs*

Este conjunto de medidas foi o único a ser efetivamente implementado durante o projeto. Os operadores foram formados e o procedimento desenvolvido foi apresentado aos operadores das linhas e afixado nos equipamentos. No entanto, a quantidade de tempo dispensada na formação dos técnicos de linha e a demora no processo de autorização do departamento da qualidade impossibilitou o acompanhamento e a avaliação do impacto da implementação do procedimento.

De acordo com os conceitos teóricos apresentados no capítulo 2, esta situação representa a implementação das fases *Standardize* e *Do*, no ciclo SDCA, sendo que ficaram em falta as fases de verificação e ação.

Preveem-se dois efeitos benéficos com a adoção das medidas. O principal, no âmbito do presente projeto, é a redução da média das taxas de rejeição até hoje verificada nas linhas, bem como a diminuição drástica da variabilidade destas taxas. Isto traduzir-se-á, por sua vez, na redução da quebra real dos enchimentos.

As medidas também têm pertinência sob um ponto de vista da qualidade. A sua prática visa enraizar rotinas no que toca à verificação dos defeitos de garrafas encontrados pelos inspetores, que antes eram na sua maioria ignorados. Garante também uma linha de ações mediante a gravidade dos defeitos, algo que antes não acontecia.

Por um lado, estes resultados levarão a um risco menor de levar para o mercado produtos com não conformidades, diminuindo assim as probabilidades de reclamações e, finalmente, aumentar de uma forma geral a satisfação dos clientes. Por outro lado, poderão conduzir a um aparecimento de menos garrafas com não conformidades nas linhas, causadas pelo aumento da exigência requerida aos fornecedores de vidro, pelo departamento da qualidade, despertado pelo aparecimento de mais registos de garrafas defeituosas.

- *Soluções contra os problemas dos FMS*

As soluções propostas para os problemas destes equipamentos foram idealizadas, contudo não chegaram a ser colocadas em prática. Manifestou-se, no entanto, a intenção, por parte da gestão da UNICER, de agendar num futuro próximo reuniões com os fornecedores dos equipamentos, com o foco de eliminar os problemas atuais dos inspetores.

Da resolução dos problemas aliados aos equipamentos, juntamente com a criação de procedimentos *standard*, esperam-se alguns benefícios. O principal benefício no âmbito do projeto é a potencial minimização da ocorrência de processamento de garrafas com defeitos, que se traduzirá na diminuição das quebras de garrafas (já que estas rejeições têm um impacto direto na quebra).

De uma perspetiva económica, os inspetores representam ativos tecnológicos (que se associam a elevadas taxas de depreciação), que não se encontram a beneficiar a empresa na totalidade do seu potencial. As soluções propostas conduzirão a um melhor aproveitamento dos benefícios que os equipamentos podem oferecer.

Sob a ótica da qualidade, também se esperam benefícios com a implementação das medidas. A implementação de procedimentos operacionais *standard*, com o pleno funcionamento dos inspetores, constituindo uma segurança acrescida contra o risco da chegada ao mercado de produtos com inconformidades, salvaguardando desta forma a satisfação dos consumidores.

- *Novo processo de reaproveitamento de garrafas*

O reaproveitamento de garrafas, por sua vez, representa uma boa forma de reduzir desperdícios através da criação de todo um novo processo, que tenta dar uma resposta a uma causa de quebras significativa.

Este processo, contudo, não incide na redução da percentagem de quebras previamente mencionada – isto porque o processo não tem influência na diferença entre as GRA e as GEA. O processo incide, por outro lado, numa redução do consumo vidro pela diminuição da necessidade de matérias-primas, o que se enquadra igualmente no âmbito do projeto. De uma forma geral, o consumo de vidro é reduzido com a aplicação desta medida.

É importante sublinhar que esta análise foi apenas realizada de acordo com um cenário estipulado. Seria interessante realizar trabalho de análise numa variedade de outros cenários. O mais interessante seria um cenário em que a lavadora já estivesse em funcionamento (usada num enchimento TR anterior, por exemplo). Desta forma, os custos de *setup* da lavadora seriam diluídos, o que poderia diminuir a quantidade mínima de garrafas necessária para que o processo se tornasse economicamente rentável.

É crucial ainda ter em conta que existem custos inerentes a todas as outras *baselines* do processo. Entre outros custos, é preciso ter em conta os *holding costs* referentes ao armazenamento e tempo de *stockagem* das garrafas reaproveitadas, bem como a poupança de custos deste género vindos da compra de garrafas novas. É igualmente importante contabilizar o custo associado à operação de movimentação de garrafas a recuperar, de diferentes sítios para o local de armazenamento.

- *Trabalho adicionalmente realizado*

As restantes soluções propostas, nomeadamente a inclusão de células de inspeção na rotuladora e a resolução do problema das paletes no tipo de garrafa do tipo “Cristal 1L TP”, representam igualmente oportunidades de melhoria, no que toca à temática do projeto.

O primeiro problema requer a mobilização de esforços para ser implementado, mas resultará na redução da taxa de garrafas processadas com defeitos na rotulagem, nas linhas 5 e 6. O segundo problema representa uma forma simples de reduzir as quebras nos enchimentos de SKUs nos quais é utilizado esse tipo de garrafa.

Para além das causas (e respetivas soluções) apresentadas no Capítulo 4, foram realizados trabalhos de avaliação de outras causas durante o projeto.

O principal trabalho realizado foi nas despaletizadoras – local de quebras sistemáticas. Foi acompanhado o processo de despaletização, para os tipos de garrafa mais comuns. Foi estimado o número de garrafas quebradas por palete quando a despaletizadora processa os paletes, através de ensaios nas linhas 2, 5 e 6. Chegou-se à conclusão que a quebra existente na despaletizadora, mesmo sendo sistemática, é desprezável, quando comparada com as causas apresentadas no Capítulo 4.

Contudo, o desperdício originado na despaletização, mesmo sendo baixo, não foi ignorado. Não foram, no entanto, identificadas potenciais melhorias no que toca a este processo, sendo que a única forma identificada de reduzir a percentagem de quebra nesta etapa do processo passaria pelo investimento em novos equipamentos. De uma perspetiva *lean*, isto não faz sentido quando existem fontes de desperdício mais significativas que podem ser combatidas sem recorrer a investimentos avultados.

Os ensaios realizados nestes equipamentos não constaram, como tal, no Capítulo 4, porque não foram formuladas soluções para reduzir/eliminar esta componente da quebra.

5.2 Limitações

A principal limitação sentida ao realizar este projeto prendeu-se com a qualidade dos dados disponibilizados. Desde cedo se tornou claro que a avaliação de eventuais melhorias implementadas na redução das quebras seria muito difícil de quantificar. Isto deve-se à ausência de dados relativos a uma grande parte dos equipamentos presentes nas linhas, bem como a problemas ligados ao sistema de registo de dados relativos à *performance* das linhas de enchimento.

A recolha de dados é feita no fim de cada turno ou no final de um enchimento de um determinado SKU, e o procedimento atual geralmente é o seguinte:

1. Um operador dirige-se ao painel de cada equipamento que disponibiliza dados estatísticos, copia manualmente os valores para uma folha preparada para o efeito, e faz um *reset* aos contadores.
2. Os dados da folha são manualmente introduzidos no complemento da linha, juntamente com outros dados relevantes.

Os equipamentos cujos dados estatísticos se recolhem são apenas os EBIs e os inspetores de garrafas cheias (da enchedora e da rotuladora). O método de recolha tem alguns problemas associados, que acabam por comprometer a qualidade dos dados. Os principais problemas identificados foram os seguintes:

- O facto de os dados serem dependentes apenas de *inputs* externos torna-os suscetíveis a erros associados à transferência manual, seja na escrita para o *template*, ou na introdução nas folhas do complemento;
- Normalmente, as linhas não páram no final dos turnos. Isto quer dizer que as máquinas estão efetivamente a processar garrafas enquanto os dados são copiados para o *template*. Por este motivo, os operadores não conseguem usualmente copiar os valores com precisão, colocando na folha valores arredondados à casa das centenas ou até mesmo à casa dos milhares;

- Quando existem avarias com equipamentos que contêm contadores, muitas vezes existe a prática por parte dos técnicos de manutenção de fazer *reset* aos contadores enquanto se está a reparar os equipamentos, ou no final da reparação, sem anotar os dados.

A título de exemplo, existem certos enchimentos nos quais, feitas as contas de balanço com os dados do complemento, o número total de garrafas que passa no EBI é inferior àquele que passa no FMS. Em termos práticos tal é impossível, já que todas as garrafas que passam na enchedora têm obrigatoriamente de passar previamente no inspetor de garrafas vazias.

Por estes motivos, a incorporação dos dados do complemento nos balanços de entrada e saída de garrafas (GRA e GEA) é uma prática que nem sempre pode levar a resultados de confiança. Estes dados foram, mesmo assim, utilizados para fazer estimativas de percentagens de quebras nos equipamentos, e ao mesmo tempo na tentativa de identificar problemas a eles relativos.

A única fonte de dados fiável é o SAP. Este tem disponíveis dados relativos às GRA e às GEA, e o método de recolha destes dados não sofre dos problemas supracitados. Todas as paletes que entram/saem da linha são registadas utilizando equipamentos de leitura de etiquetas, e o registo entra diretamente na base de dados do programa.

De uma forma resumida, os únicos valores que podem ser quantificados com maior precisão são as quebras reais (de cada enchimento e agregadas), recorrendo aos valores de entrada/saída do SAP. Os restantes dados disponíveis servem apenas para calcular estimativas.

A juntar a este problema, existem equipamentos nas linhas que não disponibilizam quaisquer dados sobre o número de garrafas processadas. A ausência de dados leva a que a quantificação de quebras associadas tenha de ser feita obrigatoriamente por ensaios.

É de salientar que os equipamentos utilizados pela UNICER são compatíveis com sistemas computadorizados MES⁹. A utilização de um sistema deste género daria acesso a uma fonte de dados mais fiável do que a atual. No entanto, a implementação desse sistema na empresa encontra-se ainda numa fase embrionária.

5.3 Sugestões de trabalho futuro

Os processos industriais são mais complexos do que aparentam. À medida que vão sendo eliminadas fontes de desperdício, novas causas vão sendo identificadas. O processo de melhoria e eliminação de *muda* nunca acaba, pelo que é necessário adotar uma postura de constante procura de novas oportunidades de melhoria. E relativamente ao problema da quebra de garrafas, muito trabalho há a ser feito.

No que toca ao trabalho realizado nos inspetores de garrafas vazias no capítulo 4.1, os procedimentos *standard* propostos são apenas o início de um ciclo SDCA. Desta forma, é necessário que se levem a cabo as duas etapas que faltam – *Check* e *Act* – por forma a avaliar o grau de sucesso das medidas implementadas. Mas o mais importante é dar continuidade à melhoria contínua, aplicando novos ciclos PDCA e SDCA, em conformidade com os resultados obtidos com esta primeira implementação.

Um dos pontos mais pertinentes na implementação de um novo ciclo de melhoria contínua é o trabalho nos *targets* de rejeição, que neste projeto foram definidos visando quase exclusivamente uma base empírica. Sugere-se, para trabalho futuro, o desenvolvimento de *targets* juntamente com os fornecedores de garrafas de vidro, bem como com os de equipamentos inspetores.

⁹ Sigla para *Manufacturing Execution Systems*. É um tipo de *software* utilizado na indústria, que faz *tracking* e documentação dos dados relativos aos processos de transformação de matérias-primas em produtos acabados.

O mesmo se aplica às soluções propostas para o FMS. À resolução dos problemas dos equipamentos deve seguir-se a conclusão da aplicação do ciclo SDCA, implementando o procedimento e avaliando os seus resultados, bem como a implementação de um ciclo PDCA, mediante os resultados obtidos com a primeira standardização.

Uma outra causa à qual não foi dada muita atenção durante o projeto é a quebra resultante do alinhamento de garrafas, nos *inliners* anteriores aos inspetores de vazio. Estes transportadores causam de uma quebra sistemática, ainda que durante o projeto não se tenha conseguido fazer uma quantificação. Sugere-se, desta forma, a realização de auditorias e acompanhamento destes pontos críticos em todas as linhas, por forma a conseguir contabilizar as quebras, e procurar formas de as reduzir.

Resta ainda mencionar que uma parte importante na deteção e resolução de problemas passa pela aposta num sistema mais fiável de recolha e análise de dados relativos a cada enchimento. Apenas garantindo uma fonte de dados fiável é que se poderá medir com precisão a situação atual e o impacto de eventuais medidas implementadas. E além disso, a análise dos dados agregados pode desmascarar problemas que nas condições atuais podem não se conseguir identificar.

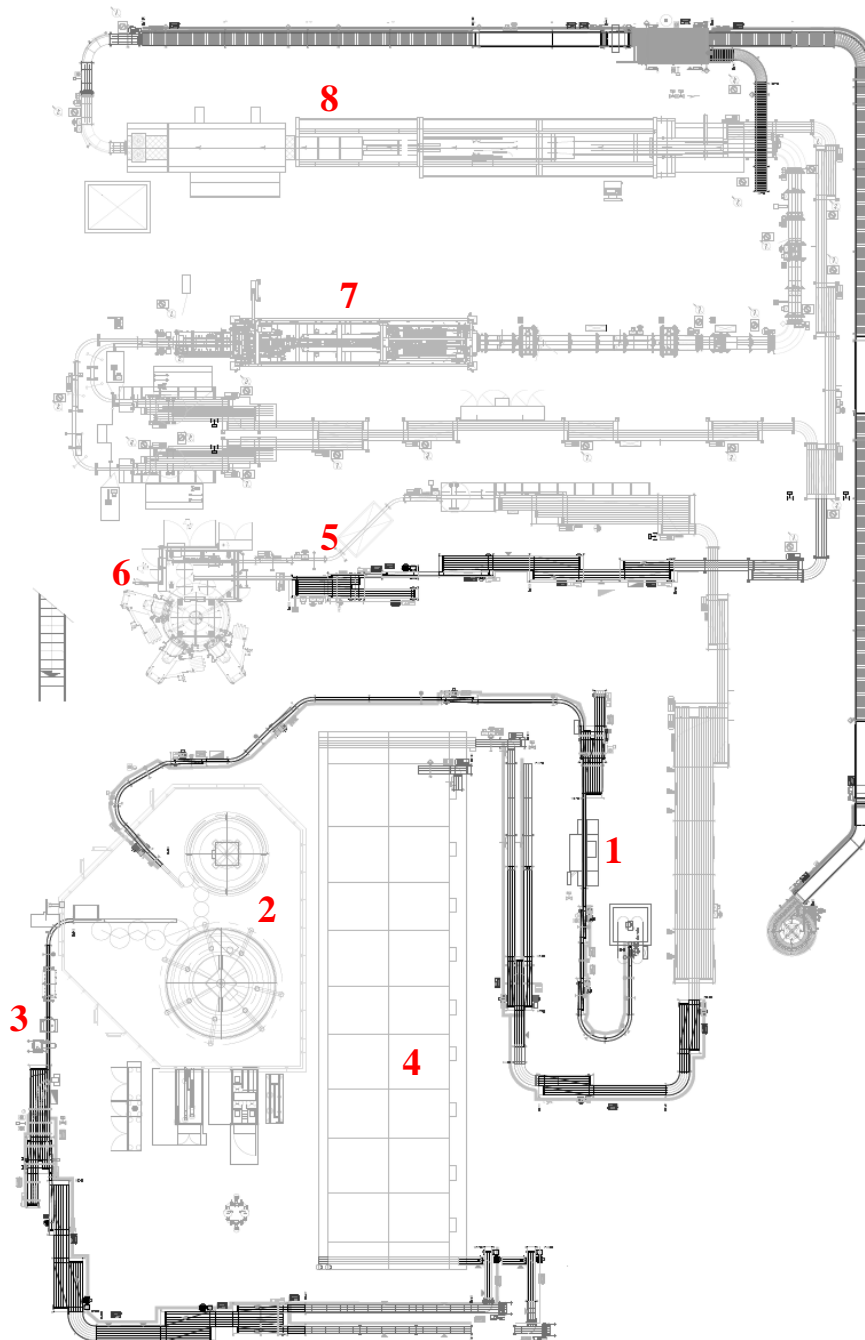
A aposta na correta implementação do sistema MES, bem como a inclusão de sensores de contagem de garrafas em locais estratégicos, constituem medidas importantes e que resultarão numa melhor compreensão do problema no seu todo.

Referências

- Abdullah, Fawaz. 2003. "Lean manufacturing tools and techniques in the process industry with a focus on steel", University of Pittsburgh.
- Abdulmalek, Fawaz A e Jayant Rajgopal. 2007. "Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study". *International Journal of production economics* no. 107 (1):223-236.
- Chen, Joseph C, Ye Li e Brett D Shady. 2010. "From value stream mapping toward a lean/sigma continuous improvement process: an industrial case study". *International Journal of Production Research* no. 48 (4):1069-1086.
- Coimbra, Euclides de Almeida Poças. 2013. *Kaizen in logistics and supply chains*. New York [etc.]: McGraw-Hill Education.
- Crosby, Philip B. 1979. *Quality is free : the art of making quality certain*. New York: McGraw Hill.
- Feld, William M. 2000. *Lean manufacturing : tools, techniques and how to use them*. St. Lucie Press.
- Imai, Masaaki. 2012. *Gemba kaizen: a commonsense approach to a continuous improvement strategy*. ed McGraw-Hill Education. 2 ed: McGraw-Hill Education.
- Ishikawa, Kaoru. 1990. *Introduction to quality control*. Productivity Press.
- Jon, C Yingling, Richard B Detty e Joseph Sottile Jr. 2000. "Lean manufacturing principles and their applicability to the mining industry". *Mineral Resources Engineering* no. 9 (02):215-238.
- Juran, Joseph M. e Joseph A. De Feo. 2010. *Juran's quality handbook the complete guide to performance excellence*. Vol. 6th ed. New York: McGraw-Hill.
- Mendling, Jan, Hajo A Reijers e Wil MP van der Aalst. 2010. "Seven process modeling guidelines (7PMG)". *Information and Software Technology* no. 52 (2):127-136.
- Monden, Yasuhiro. 2011. *Toyota production system: an integrated approach to just-in-time*. CRC Press.
- Ohno, Taiichi. 1978. *Toyota production system beyond large-scale production*. Portland: Productivity.
- Paul Brunet, Adam e Steve New. 2003. "Kaizen in Japan: an empirical study". *International Journal of Operations & Production Management* no. 23 (12):1426-1446.
- Ross, Joel E e Susan Perry. 1999. *Total quality management: Text, cases, and readings*. CRC Press.



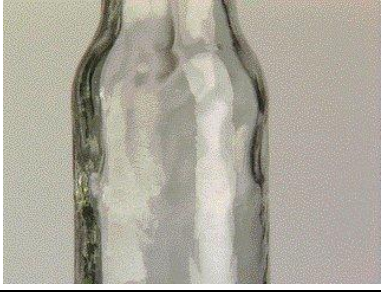

- Sharp, Alec e Patrick McDermott. 2001. *Workflow modeling tools for process improvement and application development*. Artech House computing library. Boston: Artech House.
- Sugimori, Y, K Kusunoki, F Cho e S Uchikawa. 1977. "Toyota production system and kanban system materialization of just-in-time and respect-for-human system". *The International Journal of Production Research* no. 15 (6):553-564.
- Womack, James e Daniel T. Jones. 2003. *Lean thinking banish waste and create wealth in your corporation*. Vol. Revised and updated. New York: Free Press.

ANEXO A: *Layout* da linha 6 (piso superior)



1 – Inspetor de Vazio; 2 – Sopradora + Enchedora + Capsuladora; 3 – Inspetor FMS; 4 – Pasteurizador; 5 – Secador; 6 – Rotuladora; 7 – Embaladora; 8 – Encartonadora.

ANEXO B: Exemplos de defeitos de garrafas

Nome	Classificação	Fotografia	Descrição
Trapézio (ou poleiro)	Crítico Visual		Uma “pontão” de vidro com espessura baixa no interior da garrafa. Constitui um perigo para o consumidor já que a sua quebra pode levar à ingestão de vidro.
Horizontalidade da Marisa	Maior Mensurável		Quando a marisa não está num plano paralelo ao fundo da garrafa. Pode suscitar problemas no processo de capsulagem.
Corpo Martelado	Menor Visual		Quando o vidro aparece “martelado” como ilustra a fotografia. É um defeito menor por razões comerciais.
Má distribuição de vidro no fundo	Maior Visual		Vidro no fundo não espalhado de forma uniforme, havendo zonas mais/menos espessas. Pode originar rebentamentos no enchimento.

ANEXO C: POS - Verificar a existência de problemas no EBI

Procedimento Operacional Standard			Centro de Produção:	
Departamento: Enchimento	Área: Linha 6	Categoria: Máq./Oper.	Equipamento: Inspetor de Vazio	
Verificar a existência de problemas no Inspetor de Vazio			Pág. de : 1 / 1	Data emissão: 09.06.2016

O técnico de enchimento desta área deverá, a cada teste de auto-controlo no inspetor de vazio, fazer uma verificação das taxas de rejeição, e seguir o seguinte procedimento:

```

graph TD
    A[Verificar as taxas de rejeição (interface do inspetor)] --> B{Rejeição embocadura, fundo e/ou parede acima de 0,30%?}
    B -- Sim --> C[Controlo visual das garrafas na mesa]
    C --> D{Algum defeito identificado? 1}
    D -- Sim --> E[Seguir as instruções na Tabela 1]
    D -- Não --> F{O inspetor está limpo?}
    F -- Não --> G[Limpar o inspetor 2]
    F -- Sim --> H[Chamar TME 3 11 (não parar a linha)]
    H --> I[Realizar novo teste de autocontrolo]
    I --> J[Esvaziar a mesa de rejeição]
    E --> J
    G --> J
    B -- Não --> J
    
```

Tabela 1

Tipo Defeito	Ações
Crítico	<ul style="list-style-type: none"> Parar a Linha: 10 Contactar o TSP; Nota de material não conforme (incluir amostra).
Maior	<ul style="list-style-type: none"> Contactar o TSP; Nota de material não conforme (incluir amostra).
Menor	<ul style="list-style-type: none"> Nota de material não conforme, incluir amostra (ideal 24 grs rejeitadas pelo defeito menor identificado).


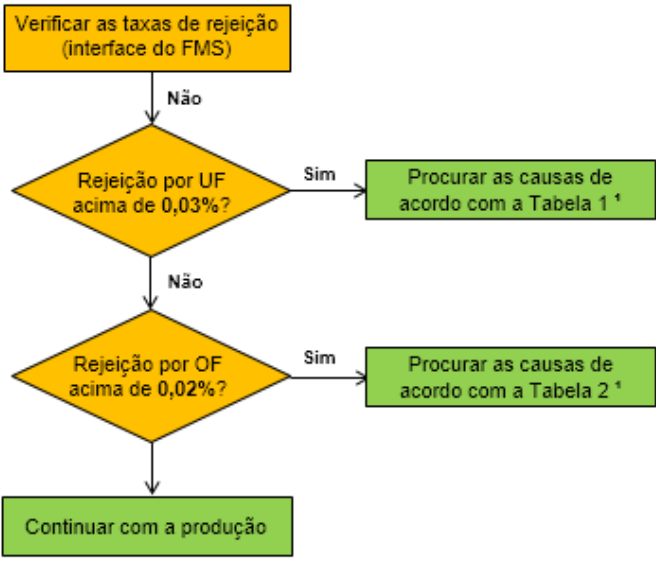
Notas:
 1 – No caso de defeitos **menores**, assumir "Sim" apenas se forem encontradas mais de 10 defeituosas na mesa.
 2 – Limpeza segundo o POS de limpeza afixado no inspetor de vazio.
 3 – Tempo limite de atuação do TME: 2 horas.

Documentos relacionados:												
Nº documento	Formação sobre o POS	Data:										
POSXXXXXX.XX		por:										
		para:										

¹⁰ TSP é a sigla usada na UNICER para técnico superior de produção (engenheiro responsável pela linha).

¹¹ TME é a sigla usada na UNICER para técnico de manutenção elétrica.

ANEXO D: POS - Verificar a existência de problemas de nível

Procedimento Operacional Standard			Centro de Produção: 	
Departamento: Enchimento	Área: Linha 6	Categoria: Máq./Oper.	Equipamento: FMS / Enchedora	
Verificar a existência de problemas de nível no Inspetor de Cheio			Pág. de : 1 / 3	Data emissão: 09.08.2016
<p>O técnico de enchimento desta área deverá, a cada teste de autocontrolo no inspetor de cheio, fazer uma verificação das taxas de rejeição, e seguir o seguinte procedimento:</p>				
 <pre> graph TD A[Verificar as taxas de rejeição (interface do FMS)] -- Não --> B{Rejeição por UF acima de 0,03%?} B -- Sim --> C[Procurar as causas de acordo com a Tabela 1 1] B -- Não --> D{Rejeição por OF acima de 0,02%?} D -- Sim --> E[Procurar as causas de acordo com a Tabela 2 1] D -- Não --> F[Continuar com a produção] </pre>				
<p>Notas: 1 – Contactar a manutenção, caso se a gravidade do problema o justifique.</p>				
Documentos relacionados:				
Nº documento	Formação sobre o POS	Data:		
PC3XXXXXX.XX		por:		
		para:		

ANEXO E: Matriz responsabilidade do processo “Recuperar garrafa”

unicer		MAPEAMENTO DE PROCESSO - RECUPERAÇÃO DE GARRAFA (LINHA 5)					
Data: 14/06/2016		Seleção da origem e do tipo de garrafa a recuperar	Preparação e transporte da garrafa a recuperar p/ local de armazenamento	Armazenamento da garrafa a recuperar	Planejamento dos Enchimentos com garrafa recuperada	Enchimentos com garrafa recuperada	Aviação de custos do processo de recuperação
		Áreas					
1	Definir a origem da garrafa a recuperar: quebras de linha (nível, roupageim, packs aberto), produto bloqueado por qualidade, produto em fim de validade ou expedição ultrapassada, devoluções de clientes, quebras de contentores.	(1) (2)			(10) (11) (12)	(13) (14) (15) (17)	(19)
2	Definir o tipo de garrafa a recuperar: (entre S8 0,20 TP, 0,25 TP e 0,33 TP)						
3	Efetuar o retorno da cerveja (quando aplicável) e colocar a garrafa a recuperar em grade Carlsberg.		(4)	(5) (6) (7) (8)		(16)	
4	Transportar as garrafas do retorno ou da linha (se aplicável) para o local de armazenamento.			(9)	(11) (12)	(14) (17)	
5	Garantir grade Carlsberg em legã para efetuar a recuperação de garrafa			(7) (8)	(12)		
6	Garantir local confinado para armazenamento da garrafa a recuperar, e separar em bins por tipo de garrafa, com respectiva identificação	(1) (2)			(12)		(18)
7	Elaborar um mapa de quantidades mensal para o departamento de planeamento e da produção						
8	Definir stocks mínimos e máximos de garrafa recuperada						
9	Definição dos períodos máximos para armazenamento de garrafa a recuperar						
10	Definir-se a recuperação de garrafa é feita em contínuo ou no início/fim de laboração						
11	Definir os SKUs que podem utilizar garrafa recuperada						
12	Definir o período para recuperar garrafa (alinhamento na reunião semanal com as várias áreas)						
13	Garantir rastreabilidade na recuperação de garrafa (ex. colocar em JB dia e horas para utilização de garrafa)						
14	Avaiar eventuais necessidade de reforço de auto-controlo e quebras na linha (p. ex. controlo mais apertado de rebentamentos)						
15	Garantir funcionamento dos robots r24 e n5						
16	Abastecer a garrafa a recuperar na linha de enchimento						
17	Definir as condições da lavadora (concentração de soda e temperatura) e respetivos aditivos; incorporar o doseamento de aditivos (dependendo de pré-cargas).						
18	Avaiar custos para recuperação de garrafa (funcionamento da lavadora, energia e fluidos, prestação de serviços, aumento de mais 1 FTE na linha, espaço de armazém, perdas de eficiência da linha, custo de oportunidade associado à venda de casco)						
19	Definir as quantidades a recuperar e que já se recuperaram para informação da Gestão Stocks e Controlo Gestão						

ANEXO F: Consumos - arranque e operação da lavadora da linha 5

Consumos – arranque da lavadora de garrafas da linha 5			
Tipo	Descrição	Valor	Unidade
Volume de fluídos utilizados no enchimento dos tanques	Aquecimento I	2,6	[m ³]
	Aquecimento II	1	[m ³]
	Aquecimento III	1	[m ³]
	Sol. Alcalina I	56,5	[m ³]
	Sol. Alcalina II	59,9	[m ³]
	Sol. Final	1,6	[m ³]
	Refrigeração I	5,6	[m ³]
	Refrigeração II	2,1	[m ³]
	Refrigeração III	2,7	[m ³]
	Soda cáustica (50%)	5	[m ³]
Energia	Aquecimento dos banhos	8,19	[MWh]

Consumos – operação contínua da lavadora de garrafas da linha 5			
Tipo	Descrição	Valor	Unidade
Fluídos	Água	14,08	[m ³ /h]
Energia	Consumo em Operação	0,50	[MWh/h]

Custos relevantes		
Descrição	Valor	Unidade
Energia	95	[€/MWh]
Água da Rede	1,75	[€/m ³]
Água Industrial	0,70	[€/m ³]
Soda Cáustica (50%)	0,23	[€/dm ³]