



Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

João Mário Marques Sá

Implementação de Técnicas e  
Ferramentas Lean na Produção de Cerveja





Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

João Mário Marques Sá

Implementação de Técnicas e  
Ferramentas Lean na Produção de Cerveja

Tese de Mestrado  
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao  
Grau de Mestre em Engenharia Biológica

Trabalho efetuado sob a orientação do  
Professor Doutor Rui Manuel Sousa

outubro de 2013

## DECLARAÇÃO

Nome: João Mário Marques Sá

Endereço eletrónico: joaommsa@gmail.com Telefone: +351 917 708 039 /+351 253 431 022

Número do Bilhete de Identidade: 13720153

Título da dissertação:

Implementação de Técnicas e Ferramentas Lean na Produção de Cerveja

Orientador(es):

Rui Manuel Sousa

Ano de conclusão: 2013

Designação do Mestrado:

Mestrado Integrado em Engenharia Biológica

Nos exemplares das teses de doutoramento ou de mestrado ou de outros trabalhos entregues para prestação de provas públicas nas universidades ou outros estabelecimentos de ensino, e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito legal na Biblioteca Nacional e, pelo menos outro para a biblioteca da universidade respetiva, deve constar uma das seguintes declarações:

1. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DISSERTAÇÃO (indicar, caso tal seja necessário, nº máximo de páginas, ilustrações, gráficos, etc.), APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, 16/12/2013

## **AGRADECIMENTOS**

Sem a colaboração das pessoas aqui mencionadas a realização desta dissertação não seria possível.

Em primeiro lugar queria agradecer à empresa Unicer Bebidas, S.A. pela oportunidade dada de desenvolver um projeto na maior empresa de bebidas de Portugal. Agradeço a todas as pessoas que acompanharam o meu trabalho e me orientou, à Engenheira Ana Marta Xavier, à Engenheira Ana Isabel Ribeiro e ao Engenheiro Pedro Frias. Agradeço também a todos os técnicos e à Dona Isabel Gonçalves, sem ajuda deles a realização deste projeto não seria possível.

Agradeço ainda ao meu orientador académico o Doutor Rui Manuel Sousa, por toda a disponibilidade que demonstrou.

E finalmente, a um nível mais pessoal, aos meus amigos e à minha família, em especial a minha Mãe.

Obrigado por tudo.



## RESUMO

Esta dissertação foi desenvolvida no âmbito da conclusão do Mestrado Integrado em Engenharia Biológica, na empresa Unicer Bebidas, S.A.. Este projeto visou a aplicação de metodologias e conceitos *Lean Production*, no âmbito da melhoria contínua do processo de produção de cerveja.

O *Lean Production* visa a eliminação de atividades que gerem desperdício, isto é, atividades que não acrescentem valor ao produto final e à racionalização de recursos, de modo a reduzir tempos de espera e custos de produção. Assim, as organizações são capazes de responder com maior celeridade e eficiência às exigências do mercado.

Numa primeira fase, os objetivos deste projeto passavam por implementar metodologias de gestão visual no sistema de supervisão do processo (*Andon*). No entanto devido à fase de mudança que a empresa vive, com a aquisição de novos equipamentos e remodelação dos anteriores deixou de ser prioritária a aplicação destas metodologias. Ainda assim, foram realizadas alterações em equipamentos que apresentavam deficiências no seu funcionamento e geraram mais de 3000 alarmes nesse período.

Assim, no restante período do projeto foram implementadas metodologias de *standard work* e *Value Stream Mapping* (VSM).

A implementação de metodologias *standard work* decorreu na fase de filtração de cerveja num processo que demonstrava uma grande variabilidade na execução por parte dos operadores técnicos, a calibração do medidor de extrato. Ainda na área da filtração foi desenvolvida, no âmbito da melhoria contínua, uma metodologia que permite a medição da performance que uma cerveja tem no filtro de Kieselghur, no processo de clarificação da cerveja. Esta metodologia permite uma avaliação quantitativa da filtrabilidade de uma cerveja.

A aplicação do VSM permitiu identificar o fluxo de materiais do processo, bem como todas as fases do processo de produção. Deste modo, foi possível identificar fases do processo onde haviam quebras na produção. Determinadas essas etapas foram propostas ações de melhoria ao processo que poderão resultar numa poupança anual de 140000 €, podendo chegar aos 316000 €.

## PALAVRAS-CHAVE

Lean Production, Cerveja, VSM, Standard-work, Gestão Visual





## **ABSTRACT**

This thesis was developed in the context of the completion of the Integrated Master in Biological Engineering, in company Unicer Bebidas, S.A. This project was aimed at the implementation of methodologies and concepts of Lean Production, in the context of continuous improvement of the production process of beer.

Lean Production aims the removing of waste generating activities and the rationalization of resources in order to reduce waiting times and costs. Thus, organizations are able to respond more quickly and efficiently to market demands.

In a first phase, the objectives of this project were the implementations of methodologies of visual management system of supervision of the process (Andon). However due to the stage of change that the company lives, with the acquisition of new equipment and refurbishment of previous ones the application of these methodologies was not a priority. Still, was made changes in equipment that had deficiencies in its operation and generated more than 3000 alarms in that period.

Thus, in the remaining period of the project were implemented methodologies of Standard work and Value Stream Mapping (VSM).

The implementation of Standard work methodologies took place at the stage of beer filtration in a process that showed a large variability in execution by the technical operators, the calibration of the extract measurer. Again in the area of filtration was developed, in the context of continuous improvement, a methodology that allows the measurement of performance that a beer has on Kieselghur filter at clarification process. This methodology allows a quantitative assessment of filterability of a beer.

The application of VSM allowed to identify the material flow and all stages of the beer production process. After that was possible to identify in which stages of the process were extract losses. Certain these steps to process improvement actions that may result in annual savings of 140000 € have been proposed and can reach 316000 €.

## **KEYWORDS**

Lean Production, Beer, VSM, Standard-work, Visual Management.



## ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas.....	xv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xvii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	1
1.3 Metodologia.....	2
1.4 Estrutura da Dissertação.....	2
2. Revisão Bibliográfica.....	5
2.1 <i>Lean Production</i> .....	5
2.1.1 Definição.....	5
2.1.2 Princípios de <i>Lean Thinking</i> .....	6
2.1.3 Desperdícios <i>Lean Production</i> .....	7
2.1.4 Técnicas e Ferramentas <i>Lean Production</i> .....	8
2.2 Produção de Cerveja.....	11
2.2.1 Definição de Cerveja.....	11
2.2.2 Matérias-Primas.....	11
2.2.3 Processo Produtivo da Cerveja.....	13
3. Caracterização da Empresa.....	21
3.1 Identificação e Localização.....	21
3.2 Evolução Histórica.....	22
3.3 Estrutura Organizacional.....	22
3.4 Marcas.....	23
4. Análise do Processo Produtivo.....	25
4.1 Descrição do Processo.....	25
4.1.1 Área de Fabrico.....	25

4.1.2	Área da Adega .....	27
4.2	Análise e Identificação dos Problemas .....	31
4.2.1	Análise ao Sistema de Supervisão do Processo e Gestão Visual do Processo.....	31
4.2.2	Análise à Performance de Filtração .....	34
4.2.3	Análise às Quebras no Processo Produtivo .....	37
	A esse facto está associada uma quebra de 0,02% na produção total de cerveja. ....	41
4.2.4	Síntese de Problemas Detetados.....	42
5.	Ações de Melhoria .....	43
5.1	Gestão Visual .....	43
5.2	Performance de Filtração - Filtrabilidade .....	44
5.3	Quebras no Processo Produtivo .....	46
6.	Resultados.....	49
6.1	Gestão Visual .....	49
6.2	Performance de Filtração – Filtrabilidade .....	49
6.3	Quebras no Processo Produtivo .....	50
7.	Conclusões.....	53
7.1	Considerações Finais .....	53
7.2	Recomendações Futuras .....	54
	Referências Bibliográficas .....	55
	Anexo I – VSM do Processo de Produção de Cerveja .....	57
	Anexo II – Válvulas da Sala de Cerveja Filtrada.....	58
	Anexo III – Tabela com o Top Semanal de alarmes .....	59
	Anexo IV – Ações Realizadas após Discussão semanal dos Alarmes mais frequentes.....	60
	Anexo V – POS para Calibração de Anton Paar, em linha, da Linha de Filtração 2 (Frente e verso).....	61
	Anexo VI Resultados de Filtrabilidade .....	63
	Análise à Filtrabilidade da Cerveja Super Bock .....	63
	Análise à Filtrabilidade da cerveja Carlsberg.....	63
	Análise à Filtrabilidade da Cerveja Cristal .....	64
	Anexo VII Cálculos das Quebras de produção .....	65
	Comparação entre o peso GR e peso-báscula.....	65

Cálculo de Perda de Malte na Descarga .....	65
Cálculo de Perda nos Resíduos do Malte .....	65
Cálculo da Perda Associada à <i>drêche</i> .....	66
Cálculo da Perda Associada ao Envio do <i>trub</i> do Último Fabrico Semanal para Esgoto .....	66
Cálculo da Perda Associada ao Filtro de Levedura .....	67
Cálculo da Perda Associada à Cerveja Presente nas Tubagens dos TCFs .....	67



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Casa do TPS, adaptado de Liker (2004). .....	5
Figura 2- Princípios <i>Lean Thinking</i> , adaptado de Alves, Leão, & Maia (2012). .....	6
Figura 3- Ciclo PDCA, retirado de Martins (2010). .....	9
Figura 4- Exemplos de Andons, retirado de Silveira (2012). .....	10
Figura 5- Exemplo de Standard Work Combination Sheet, retirado de Smalley (2005). .....	11
Figura 6- Diferença da Morfologia de uma Estirpe de Levedura <i>Lager</i> (A) e <i>Ale</i> (B), retirado de Bamforth (2003). .....	16
Figura 7- Processo Fermentativo. ....	17
Figura 8- Logotipo da Unicer Bebidas, SA, retirado de Unicer (2013). .....	21
Figura 9- Vista Aérea da Fábrica de Leça do Balio. ....	21
Figura 10- Evolução Histórica da Empresa Unicer Bebidas, SA., adaptado de Unicer (2013). .....	22
Figura 11- Estrutura Acionista, retirado de Unicer (2013). .....	22
Figura 12- Estrutura Organizacional, retirado de Unicer (2013). .....	23
Figura 13- Principais Marcas de Cerveja Produzidas pela Unicer. ....	23
Figura 14- Marcas de Águas Captadas e Engarrafadas pelo Grupo Unicer. ....	23
Figura 15- Refrigerantes Produzidos pela Unicer. ....	24
Figura 16- Marcas de Produção Vitícola do Grupo Unicer. ....	24
Figura 17- Layout da Fábrica de Leça do Balio. ....	25
Figura 18- Sala de Fabrico <i>Nordon</i> . ....	26
Figura 19- Base das Cubas de Fermentação na Área da Adega. ....	27
Figura 20- Instalação do Filtro de Levedura. ....	28
Figura 21- Linhas de Filtração 1 e 2, respetivamente. ....	29
Figura 22- Esquema da Linha de Filtração 1. ....	30
Figura 23- Ecrã de Supervisão do Processo. ....	31
Figura 24- Listagem da Informação Visual Gerada ao Longo do Tempo. ....	32
Figura 25- Distribuição dos Alarmes e Avisos na Área da Adega, em Relação a Todas as Fases do Processo. ....	33
Figura 26- Distribuição das Anomalias Registadas por Linha. ....	34
Figura 27- Concentração de Células de Levedura, no Período entre Descargas da Câmara de Sólidos da Centrífuga. ....	36

Figura 28- Tegão de Descarga de Malte. ....	38
Figura 29- Resíduos à Saída da <i>Combicleaner</i> (equipamento de limpeza do malte e cevada). ....	38
Figura 30- Filtro 1 e 2 de Mosto, respetivamente.....	39
Figura 31- Pião (tanque de armazenamento do trub). ....	39
Figura 32- Empurro de Água Até à Cuba de Fermentação. ....	40
Figura 33- Tubagem dos TCFs. ....	41
Figura 34- Carregamento de Camião-cisterna com Cerveja.....	41
Figura 35- Válvulas Intervencionadas, com a Alteração do <i>Think Top</i> . ....	43
Figura 36- Top Semanal de Alarmes, no Quadro de Indicador de Performance na Área da Adega. ....	44
Figura 37- Material Necessário para a Realização do Método EBC. ....	45
Figura 38- POS para Calibração do Medidor de Extrato da Linha de Filtração 2.....	46
Figura 39- Comparação Gráfica entre a Filtrabilidade dos Três Tipos de Cerveja. ....	50



## **ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 1- Pedidos de Manutenção a Válvulas dos TCFs .....	33
Tabela 2- Eficiência de Remoção de Células de Levedura .....	36
Tabela 3- Comparação entre o Peso da GR das Matérias-primas e o Peso báscula da Portaria .....	37
Tabela 4- Síntese de Problemas Identificados.....	42
Tabela 5- Resultados de filtrabilidade dos três tipos de cerveja (em mililitros) .....	49
Tabela 6- Síntese das Ações de Melhoria Relativas às Quebras de Produção e, respetivos, Ganhos ....	52



## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS**

**CIP**- Cleaning In Place

**CUFP**- Companhia União Fabril Portuense

**EBC**- European Brewery Convention

**FAN**- Free Amino Nitrogen

**FL1**- Linha de Filtração 1

**FL2**- Linha de Filtração 2

**GR**- Guia de Remessa

**HGB**- High Gravity Brewing

**JIT**- Just in Time

**KG**- Kieselghur

**PDCA**- Plan Do Check Act

**PLC**- Programmable Logic Controller

**POS**- Procedimento Operacional Standard

**PVPP**- Poli-Vinil-Poli-Pirrolidona

**SCADA**- Supervisory Control And Data Acquisition

**SPC**- Serviço de Produção de Cerveja

**TCF**- Tanque de Cerveja Filtrada

**TPS**- Toyota Production System

**VSM**- Value Stream Mapping



## **1. INTRODUÇÃO**

No presente capítulo será elaborado o enquadramento da dissertação e os seus objetivos. No fim será apresentado um ligeiro resumo de cada capítulo.

### **1.1 Enquadramento**

Num mercado cada vez mais global e competitivo, a Unicer Bebidas S.A., empresa onde se desenvolveu esta dissertação, pretende focalizar o seu negócio na indústria cervejeira e das águas, simplificando e racionalizando a sua estrutura mas mantendo em atenção os resultados obtidos e satisfação dos padrões de qualidade dos seus clientes. Deste modo, para melhorar a sua produtividade e qualidade dos processos, mas mantendo um rigoroso controlo de custos, foi criado o programa “Ulean”, isto é, o programa de implementação de metodologias *Lean* na Unicer na Direção de *Supply Chain*. O modelo de produção *Lean* é baseado nas necessidades dos cliente e na redução de desperdícios, de modo, a reduzir custos de produção e aumentar a produtividade. Esta metodologia foi criada pela Toyota, no final da Segunda Guerra Mundial, de modo a combater o período de recessão que se vivia. Inicialmente, este modelo denominava-se *Toyota Production System* e apenas na década de 90 se começou a identificar por *Lean* (Womack, Jones, & Roos, 1990).

Esta dissertação realizou-se no Centro de Produção de Leça do Balio, no Serviço de Produção de Cerveja (SPC), sendo aí necessário desenvolver metodologias *Lean*, no âmbito da melhoria contínua do processo de produção de cerveja existente.

### **1.2 Objetivos**

O principal objetivo desta dissertação será desenvolver ações de melhoria de modo racionalizar o processo de produção de cerveja na Unicer Bebidas, S.A., recorrendo à utilização de técnicas e ferramentas de *Lean Production*. Mais especificamente os objetivos serão:

- Redução do número de avisos e informações visuais geradas nos computadores de controlo da área da adega, a partir da aplicação de metodologias de Gestão Visual.  
Mais concretamente, nesta fase do projeto proceder-se-á à caracterização e definição do sistema de gestão visual, à definição de procedimentos e reações a tomar a este sistema de gestão visual e definição de um indicador que permita a monitorizar a implementação da metodologia.
- Desenvolver metodologias que possam melhorar o desempenho da etapa de filtração de cerveja.

- Redução de custos no processo produtivo da cerveja, quantificação das quebras de matérias-primas durante o processo e melhorar alguns processos a partir da aplicação da metodologia VSM.

### **1.3 Metodologia**

Inicialmente para a elaboração desta dissertação foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os temas de produção de cerveja e *Lean Production*. A partir daí, já com conhecimentos consolidados sobre o tema da dissertação, foi realizado um reconhecimento geral de toda a empresa e em particular do processo de produção de cerveja. Assim sendo, foram analisadas de forma exaustiva todas as etapas do processo recorrendo à ferramenta VSM.

Com os dados do processo produtivo recolhidos, foram identificados vários problemas no processo e, a partir daí, foram realizadas propostas de melhoria, quer por alteração de alguns parâmetros no processo, quer pela implementação de metodologias *Lean* que iriam auxiliar o seu controlo.

Deste modo, este projeto baseou-se na aplicação do ciclo PDCA, onde inicialmente se realizou a investigação e recolha de dados para, posteriormente, definir um plano de ações necessário à otimização do processo de produção de cerveja e, finalmente, acompanhamento das alterações feitas no processo e, caso necessário, a realização de ajustes nas alterações feitas. Este procedimento enquadra-se na aplicação da metodologia investigação-ação.

Finalmente, depois de as propostas estarem implementadas realizou-se o cálculo do ganho que essas propostas teriam para a empresa.

### **1.4 Estrutura da Dissertação**

Esta dissertação está dividida em 7 capítulos. No primeiro capítulo é feita a introdução ao projeto, dando o seu enquadramento e os objetivos que se pretendem alcançar.

No capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica necessária para se entender todos os conceitos deste projeto.

No capítulo 3 é apresentada a empresa onde desenvolveu este projeto, bem como a sua evolução histórica.

No capítulo 4 é feita a descrição do processo produtivo, identificando os problemas detetados nas diferentes etapas deste projeto.

No capítulo 5 são apresentadas as propostas de melhoria no âmbito da gestão visual, melhoria contínua do processo e *standard work*.

No capítulo 6 são apresentados os resultados obtidos com as propostas de melhoria apresentadas no capítulo anterior.

Finalmente, no capítulo 7 serão retiradas as conclusões deste projeto.





## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, vão ser abordados todos os conceitos necessários para o entendimento desta dissertação. Inicialmente é feita a apresentação do conceito *Lean Production*, os seus princípios e o seu objetivo na eliminação de desperdícios. De seguida serão apresentadas algumas ferramentas associadas ao *Lean Production*. Finalmente será apresentado o processo produtivo da cerveja.

### 2.1 *Lean Production*

#### 2.1.1 Definição

O termo *Lean Production* foi introduzido, inicialmente, no livro *The Machine that Changed the World* (Womack, Jones, & Roos, 1990), e é um conceito de produção adaptado do método desenvolvido pela Toyota, o *Toyota Production System* (TPS).

O TPS teve a sua origem no período pós-2.<sup>a</sup> Guerra Mundial, na década de 50, na empresa japonesa da indústria automóvel Toyota. Esse período ficou caracterizado por uma falta de recursos financeiros, materiais e humanos, sendo necessário adaptar a produção em massa que se realizava na altura. Assim, foi criado um sistema de produção com objetivo de eliminar todos os desperdícios e baseado nas metodologias *Just in Time* (JIT) e *Jidoka* (Figura 1) (Liker, 2004).

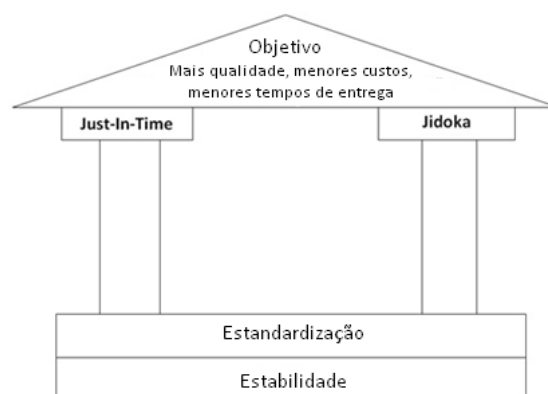


Figura 1- Casa do TPS, adaptado de Liker (2004).

Segundo a metodologia JIT o objetivo era produzir a quantidade ideal de produto acabado no momento certo, recorrendo às matérias-primas estritamente necessárias. A metodologia *Jidoka* está relacionada com a automatização dos processos, de modo a permitir um maior rendimento e controlo nos processos e, conseqüentemente, uma redução do número de produtos defeituosos (Liker, 2004).

## 2.1.2 Princípios de *Lean Thinking*

Na base do *Lean Thinking*, segundo Womack e Jones (1996), estão cinco princípios (Figura 2) que permitirão criar valor e eliminar desperdício numa organização. A aplicação destes princípios é o ponto de partida para a consolidação do pensamento “magro” nas organizações (Womack & Jones, 1996).



Figura 2- Princípios *Lean Thinking*; adaptado de Alves, Leão, & Maia (2012).

### 1. Criação de valor

Este princípio baseia-se na especificação do valor do produto, isto é, conhecer as necessidades e características de um determinado produto ou serviço que o cliente estaria disposto a pagar para o obter e assim, definir as mais-valias e valor do produto.

### 2. Definição do fluxo de valor

Para se obter um determinado produto é necessário um conjunto de operações que irão acrescentar valor ao produto final. Reconhecer bem essas operações, desde o manuseamento das matérias-primas até ao produto final, é de extrema importância para diferenciar as atividades que, efetivamente, acrescentam valor das que apenas causam desperdício.

### 3. Criação de um fluxo contínuo

A partir da criação de um processo que funcione em fluxo contínuo é possível produzir as quantidades estritamente necessárias no momento em que são necessárias e assim evitar sobreprodução ou sobreprocessamento, que são atividades que não irão acrescentar qualquer valor ao produto final.

### 4. Definição de um sistema *Pull*

Um Sistema Pull baseia-se apenas na produção de acordo com a procura, isto é, apenas se produz quando o cliente necessitar, nas quantidades que ele encomendar. Deste modo, será possível reduzir o *stock* de produto acabado, melhorar a identificação de defeitos.

## 5. Perfeição (Melhoria Contínua)

A partir da implementação dos quatro princípios anteriores, outras lacunas serão detetadas no processo produtivo sendo necessário uma constante procura pela perfeição.

Os princípios anteriormente enumerados visam a redução dos sete tipos de desperdícios, identificados por Womack e Jones (1996), que serão descritos na secção seguinte.

### 2.1.3 Desperdícios Lean Production

Pode-se definir desperdício como qualquer atividade que não acrescenta valor durante o fluxo de produção e a filosofia *Lean* visa a sua redução ou até mesmo desaparecimento (Ohno, 1988). Pode-se identificar sete tipos de desperdícios, segundo Womack e Jones (1996). Os sete desperdícios são os defeitos, inventário, tempos de espera, transporte excessivo, processamento incorreto, movimento e sobreprodução. Todos eles serão caracterizados em seguida.

#### 1. Defeitos

Produtos defeituosos definem-se como sendo produtos que não se encontram de acordo com as especificações exigidas pelo cliente. O seu aparecimento tem como consequência o desperdício de matérias-primas, mão-de-obra e o desgaste de equipamentos. Para reduzir este tipo de desperdício deverá ser necessário desenvolver um sistema que permita a sua deteção o mais cedo possível no processo produtivo (Nogueira, 2010).

#### 2. Inventário

Inventário, ou *stock*, entende-se como sendo todas as matérias-primas, produto que ainda se encontre em processamento ou produto acabado que fica parado à espera de serem conduzidas à próxima etapa do processo, não lhe sendo acrescentado qualquer tipo de valor durante o tempo de espera.

Com a sua diminuição, conseguir-se-á aumentar o espaço útil na empresa e, possivelmente, uma melhor visualização do processo. Existe, também, uma diminuição do capital investido, visto que,

que a quantidade de matérias-primas adquiridas irá baixar. Contudo, a criação de inventário pode ser considerado como algo necessário (Nogueira, 2010).

### 3. Tempo de Espera

Este desperdício está relacionado com o tempo em que pessoas ou máquinas estão paradas à espera de realizar a sua tarefa. Pode ter origem em avarias, falta de material, falta de autonomia dos trabalhadores ou atrasos ocorridos em etapas anteriores do processo (Ohno, 1988).

### 4. Transporte

O transporte do produto ao longo do processo é uma atividade necessária, no entanto é uma fase do processo que não acrescenta qualquer valor ao produto devendo, portanto, ser minimizada (Ohno, 1988).

### 5. Processamento Incorreto

Poderá haver processamento incorreto quando ocorrem operações que são desnecessárias, que se encontrem desatualizadas e que poderiam ser substituídas por outras operações mais eficazes, ou quando se realiza sobreprocessamento do produto fazendo-o adquirir mais valor do que aquele que o cliente estaria disposto a pagar.

Isto poder-se-á dever a equipamento desatualizado, à falta de perceção da direção em relação ao processo ou às necessidades do cliente (Ohno, 1988).

### 6. Movimento

O movimento dos operadores, isto é, as deslocações que os operadores realizam para a execução das tarefas do processo. Este processo não acrescenta qualquer valor ao produto final devendo, também ser evitado. Uma boa organização do espaço de trabalho é uma das formas para se diminuir estas deslocações (Nogueira, 2010).

### 7. Sobreprodução

Quando a quantidade produzida é superior à quantidade pretendida/encomendada pelo cliente. Pode ter origem em elevados tempos de preparação do equipamento, incerteza relativamente ao produto produzido ou, simplesmente num erro de planeamento. Este é considerado o pior dos desperdícios pois implica a utilização desnecessária de matérias-primas, equipamento e mão-de-obra (Ohno, 1988).

#### 2.1.4 Técnicas e Ferramentas *Lean Production*

De modo a eliminar os desperdícios mencionados no capítulo anterior. O conceito *Lean Production* possui uma série de técnicas e ferramentas que facilitam a sua implementação. O VSM, *Standard work*, a gestão visual e ciclo PDCA auxiliaram no desenvolvimento deste projeto.

### 1. Ciclo PDCA

O ciclo PDCA (Figura 3) é uma metodologia de resolução de problemas com quatro passos (1. *Plan*; 2. *Do*; 3. *Check*; 4. *Act*) e visa o alcance da perfeição.



Figura 3- Ciclo PDCA, retirado de Martins (2010).

Este conceito foi introduzido por Deming e tem por base o método científico, isto é, existe uma hipótese, realiza-se uma experiência e procede-se à sua avaliação (Deming, 1986)

Segundo Liker (2004), este sistema de resolução de problemas também pode ser designado como um sistema de desenvolvimento do pensamento crítico.

### 2. VSM

Value Stream Mapping, VSM ou, em português, mapeamento de fluxo de valor foi uma ferramenta desenvolvida por Rother & Shook (2003) para permitir uma visualização esquemática do processo produtivo, identificando as atividades que acrescentam valor e as que não acrescentam.

Para além da classificação das atividades, o VSM também apresenta o fluxo de informação, de materiais e também o tempo que demora cada operação.

Esta ferramenta permite uma melhor visualização de todo o processo, bem como o entendimento entre os fluxos de informação e materiais, facilita o encontro de pontos de melhoria e deteção de desperdícios (Rother & Shook, 2003).

### 3. Gestão Visual

Um sistema de gestão visual permite, através de sinais luminosos, cartões coloridos, gráficos com cores apelativas, quadros sinalizadores ou *Andon* (quadros ou luzes de colocados nos equipamentos para controlo do processo – Figura 4), fornecer informações relacionadas com o processo produtivo, estado do equipamento ou instruções de comportamento (Shingo, 1981).



Figura 4- Exemplos de Andons, retirado de Silveira (2012).

A gestão visual tem como objetivo exibir informações simples e acessíveis a toda gente, de modo a facilitar o trabalho de todos os operadores, minimizar os erros e alertar para situações irregulares com uma maior celeridade (Hall, 1987).

#### 4. *Standard Work*

*Standard work* consiste no desenvolvimento de métodos que criem uma rotina de trabalho muito bem definida, em que o operador tem que se restringir aos métodos propostos e não aos seus próprios métodos. Isto evita que cada operador execute a tarefa à sua maneira, e assim haja menores variações do tempo de cada ciclo produtivo (Monden, 1998).

Standardized Work Combination Table	From:		Date:	Required Units per Shift:	Hand																		
	To:		Area:	Takt Time:	Walk																		
Work Elements	Time (sec.)			Seconds																			
	Hand	Auto	Walk	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							
7																							
8																							
9																							
10																							
11																							
12																							
13																							
14																							
15																							
Totals			Waiting																				

Figura 5- Exemplo de Standard Work Combination Sheet, retirado de Smalley (2005).

Na figura 5 pode-se observar um exemplo *Standard Work Combination Sheet*. Na primeira coluna são identificadas as atividades necessárias para realizar uma tarefa ou operação. Na coluna seguinte, o tempo que cada atividade deverá demorar não devendo ser superior o tempo disponível para a produção nessa etapa do processo (Smalley, 2005).

## 2.2 Produção de Cerveja

### 2.2.1 Definição de Cerveja

A origem da cerveja remonta há mais de 5000 anos, quando os sumérios e os assírios já produziam uma bebida fermentada a partir de cereais. Apesar do princípio de produção ser o mesmo, ao longo dos tempos os métodos produtivos foram evoluindo bastante. Atualmente, segundo a Portaria n.º 1/96 de 3 de Janeiro, cerveja define-se como uma bebida obtida por fermentação alcoólica, mediante a utilização de leveduras do género *Saccharomyces*, de um mosto preparado a partir de malte de cereais e outras matérias-primas amiláceas ou açucaradas, ao qual é adicionado lúpulo, ou seus derivados, e água potável.

### 2.2.2 Matérias-Primas

Como dito anteriormente, a cerveja é uma bebida produzida a partir da fermentação de extrato aquoso, que antes da fermentação se denomina de mosto. O mosto é constituído, essencialmente, por água, malte e lúpulo, nalguns tipos de mostos também são utilizado grãos crus e xaropes de açúcar (Cabrita et al., 1985).

Sendo a cerveja uma bebida produzida a partir de água é natural que apresente um teor de água muito elevado, cerca de 93%. A água utilizada na produção de cerveja deverá ser potável e, idealmente, macia

(baixa concentração de sais), no entanto, poderá variar consoante o tipo de cerveja pretendido, de modo que algumas águas duras sejam indicadas para um determinado tipo de cerveja. Outra matéria-prima de extrema importância é o malte. O tipo de malte utilizado terá influência no aroma e até mesmo na cor do produto final. O malte resulta da germinação da cevada, isto é, o processo de formação dos grãos de cevada e enzimas (amilases e proteases). Para tal é necessário realizar a maltagem do malte. Inicialmente é necessário humedecer a cevada, em seguida colocar os grãos de cevada num ambiente de constante renovação do ar e temperatura vá aumentando gradualmente, desde os 5°C até aos 38°C, de modo que o amido presente nos grãos seja transformado em açúcar e as matérias azotadas, como as proteínas, sejam reduzidas em substâncias mais simples; posteriormente é realizada uma secagem em estufa. Dos diferentes tipos de malte podemos destacar malte Pilsen, utilizado essencialmente em cervejas claras (Pilsen); malte chocolate, caracterizado por ser torrado e conseqüentemente ter uma cor escura, utilizado em cervejas escuras, do tipo Stout; malte caramelo, obtido a partir da caramelização dos açúcares durante a maltagem (Cabrita et al., 1985).

Outra matéria-prima adicionada ainda no processo de fabricação do mosto é o lúpulo. O lúpulo é uma planta perene com pés de 5 a 8 metros. As resinas amargas e os óleos essenciais presentes no lúpulo irão conferir o aroma amargo da cerveja. Durante a fabricação, o lúpulo poderá ser adicionado em granulado, extrato ou a planta, propriamente dita (Cabrita et al., 1985).

Finalmente, poderão se ainda utilizar grãos crus. Os grãos crus caracterizam-se por serem cereais que não sofreram maltagem. Deste modo, não possuem enzimas, apresentando apenas um elevado teor de amido para aumentar a quantidade de açúcares do mosto. Os grãos crus mais utilizados na fabricação de mosto são o griz de milho (grãos de milho moído e desidratado) e arroz, no entanto também se poderá utilizar a mandioca, cevada e o trigo-candial (Cabrita et al., 1985).

De modo a aumentar o teor de açúcares fermentescíveis e conferir o aroma pretendido também poderão ser adicionados vários xaropes de açúcar. Podem-se distinguir os xaropes de glucose, xarope invertido e açúcar caramelizado. O xarope de glucose é constituído por glucose fermentescível, mas também dextrinas não fermentescíveis. Xaropes invertidos resultam da hidrólise ácida da sacarose, formando glucose e frutose. Estes xaropes apenas são constituídos por açúcares fermentescíveis. Açúcar caramelizado é adicionado, essencialmente, para aumentar a cor da cerveja dando-lhe, simultaneamente um gosto aromático (Cabrita et al., 1985).

Na fermentação ocorre a adição da levedura. A levedura deverá ser do género *Saccharomyces*.



Durante o processo de clarificação poderão ser adicionados aditivos que irão melhorar as propriedades organoléticas, como é o caso de extrato de caramelo para aumentar a cor da cerveja e do extrato de lúpulo isomerizado para aumentar a estabilidade da espuma e amargor da cerveja (Cabrita et al., 1985).

### 2.2.3 Processo Produtivo da Cerveja

A primeira fase de produção de cerveja é a fabricação do mosto. Nesta fase, podemos identificar várias etapas, a primeira delas é a moagem do malte que posteriormente se irá misturar com a água. A moagem poderá ser húmida, o malte é moído com água, ou seca, quando não há adição de água ao moinho. Os dois tipos de moagem foram desenvolvidos para facilitar a filtração do mosto, dependendo do equipamento de filtração. A moagem húmida para uma filtração por cuba-filtro e a moagem seca para uma filtração por filtro de placas. Outro aspeto fundamental da moagem é a dimensão das partículas de malte geradas pois, quanto mais moído for o malte, melhor será a dispersão das partículas na água (facilitando, também a mobilidade das enzimas). No entanto se as partículas forem extremamente finas irão dificultar bastante o passo de filtração do mosto. Portanto, deverá haver uma otimização que concilie a dispersão do malte na água, mas não dificulte a filtração em demasia.

De seguida, o malte moído deverá ser conduzido para uma cuba de empastagem onde se misturará com água quente, a cerca de 50°C. Para facilitar a dispersão de malte na água a cuba deverá ser agitada. Paralelamente, se necessário, prepara-se uma calda com grãos crus que será adicionada à cuba de empastagem, de modo a começar a sacarificação. Como mencionado anteriormente, grãos crus não possuem qualquer tipo de enzimas, servindo apenas como fonte de açúcares para o mosto. Assim sendo, essa calda será misturada com grãos crus, água a 50°C, mas também com uma ligeira quantidade de malte para começar a degradação do amido presente. Essa calda será aquecida até aos 78°C e fará todos os patamares enzimáticos de modo a degradar o máximo de amido e proteínas e será introduzida na cuba de empastagem, onde se desenrolará grande parte da brassagem. Portanto, nesta etapa da brassagem ocorre a degradação do amido e proteínas de maior dimensão, praticamente na sua totalidade. Para tal, é necessário ir aquecendo o mosto desde os 50°C até aos 78°C, por patamares. Na fase inicial, enquanto o mosto se encontra a 50°C as enzimas proteolíticas (proteases) degradarão as proteínas em compostos azotados de pequena dimensão. Estas enzimas apresentam atividade enzimática até aos 60°C (Cabrita et al., 1985).

Em seguida existe um patamar de aquecimento até aos 63°C (mantendo nessa temperatura durante um algum tempo), onde a  $\beta$ -amilase irá degradar o amido presente e outras moléculas de hidratos de

carbono, para produzir maltose e glucose. A  $\beta$ -amilase tem uma temperatura ótima para a sua atividade entre os 60 e 65°C (Cabrita et al., 1985).

Depois de um intervalo de tempo a 63°C realiza-se novo aquecimento até aos 78°C, próximo da temperatura ótima da  $\alpha$ -amilase, aí ocorre a degradação das restantes moléculas de amido em moléculas de dextrinas, amilopectinas e amilose. Mantém-se essa temperatura e quando as reações de degradação do amido estiverem terminadas dá-se por terminada a brassagem (Cabrita et al., 1985).

Em relação ao método em que se desenrola o aquecimento do mosto, pode-se diferenciar três métodos: infusão, decocção ou mistos. Por infusão, o aquecimento do mosto deve-se à adição gradual de água quente, enquanto por decocção se realiza o aquecimento de uma porção, a qual se vai juntar numa cuba maior e aumentando assim o conteúdo já presente nessa cuba (Cabrita et al., 1985).

Em seguida é necessário separar a componente sólida insolúvel, denominada de *drêche*, do mosto realizando uma filtração. Esta filtração poderá ser executada com recurso a vários equipamentos, destacando-se os filtros tipo cuba e os filtros de placas, e de uma forma geral está dividida em duas fases. A primeira, a filtração propriamente dita onde o mosto com componente sólida passa pelas membranas e retém a *drêche*, e uma segunda fase, de lavagem, onde se faz passar água quente pelo filtro de modo a lavar a *drêche* e tentar extrair o máximo de açúcares possíveis. Uma cuba-filtro, tal como nome indica tem o formato de um cuba, no entanto apresenta um fundo liso perfurado que irá reter a *drêche*, fluindo o mosto entre a *drêche* acumulada e a membrana no fundo da cuba. Outro equipamento utilizado para a filtração é o filtro de placas. O filtro de placas consiste em várias placas, com membranas filtrantes, dispostas continuamente ao longo de um eixo, pressionadas entre si, onde o mosto passará por essas membranas e a *drêche* ficará retida no espaço entre placas, sendo descarregada no momento da abertura das placas. A *drêche* obtida no final filtração tem, essencialmente, na sua composição compostos insolúveis em água e de difícil desagregação, como é o caso da celulose e lignina, mas também alguns açúcares que não foram possíveis retirar durante a brassagem (Cabrita et al., 1985).

Com o mosto agora sendo um líquido sem qualquer fase sólida suspensa é necessário realizar uma fase de ebulição. Nesta fase pretende-se esterilizar o mosto, de modo a destruir toda a flora microbiana que possa causar efeitos indesejáveis ao mosto; destruir as enzimas ainda presentes no mosto, que possam causar reações indesejáveis; dissolver os constituintes do lúpulo, tendo em atenção o momento da adição do lúpulo, de modo a não volatilizar as substâncias aromáticas presentes no lúpulo; coagular as proteínas indesejáveis que foram formadas durante a empastagem, e assim evitar problemas de turvação no produto final; concentrar o mosto, visto que a lavagem registada na etapa anterior terá diluído uma parte do mosto, eliminando também as substâncias voláteis indesejáveis. Nesta fase de ebulição, para além

da adição do lúpulo, também se poderão adicionar os xaropes, para aumentar o teor de açúcares ou de cor do mosto (Cabrita et al., 1985).

Terminada a ebulição é necessário retirar matérias que ainda se encontram em suspensão, o *trub*, que irão conferir características desagradáveis à cerveja. Poderão se separar essas matérias a partir de três processos diferentes, decantação, filtração e centrifugação. A decantação é um processo que permite a separação de duas misturas bifásicas ou de diferentes densidades por ação da força gravítica. Neste caso, o *trub* é recolhido e o mosto clarificado segue o seu percurso até à fermentação. O decantador poderá ter 2 formatos, ou cilíndrico (tipo *Whirlpool*) ou cilindro-cónico (com o fundo em cone - tipo *Devreux*). Num decantador do tipo *Whirlpool* o mosto entra tangencialmente à parede do decantador o que irá provocar um movimento rotativo do mosto, e assim o *trub* começará a aglomerar-se e, em seguida, a sedimentar no meio do tanque, sendo o mosto depois retirado por uma abertura no fundo do tanque muito próxima da parede. Num decantador do tipo *Devreux*, o mosto apenas é deixado em repouso durante um determinado período de tempo e em seguida é recolhido o *trub* que se terá começado a depositar no fundo cónico. Nesta fase do processo também poderá ser realizada uma filtração com auxiliares de filtração que formarão um leito filtrante, deixando o *trub* retido nesse leito filtrante. O auxiliar, maioritariamente, utilizado são as terras de diatomáceas (*Kieselghur*), que se depositará num suporte metálico e criando assim o meio filtrante. Outro processo também de possível utilização para clarificar o mosto é a centrifugação. Neste caso, a separação é realizada recorrendo à força centrífuga. Dá-se assim por terminada a fabricação do mosto (Cabrita et al., 1985).

Neste momento, o mosto encontra-se extremamente quente, a cerca de 90°C. Sendo, portanto, necessário arrefecê-lo para um valor entre os 8°C e os 14°C, de modo a levedura ter condições ao seu desenvolvimento. Esta etapa do processo deverá ocorrer em condições de assepsia, isto é, não poderá haver contacto com elementos que poderão contaminar o mosto. Assim, também o arejamento do mosto deverá ser realizado com oxigénio puro ou ar esterilizado. O arejamento do mosto é extremamente importante para permitir condições de respiração à levedura para se iniciar a fermentação. A dose mínima de oxigénio no mosto recomendada é 6mg/l. Simultaneamente, deverá ser adicionada a levedura ao mosto, de modo obter-se uma concentração de células de levedura entre 12 e 20 milhões por ml de mosto.

Na produção de cerveja podem ser utilizadas algumas estirpes de levedura, no entanto terão que ser do género *Saccharomyces*. Segundo o comportamento da levedura durante a fermentação pode-se distinguir dois tipos de cerveja: cervejas *Ale* no caso de fermentação alta ou cerveja *Lager* no caso de fermentação baixa. Cervejas *Ale* caracterizam-se por a levedura, no final da fermentação, ocupar o topo do tanque de

fermentação, a temperatura durante a fermentação situa-se entre os 15 e os 20°C e são realizadas pela estirpe *Saccharomyces cerevisiae*. Por sua vez, cervejas *Lager* definem-se como sendo cervejas onde a levedura flocula para o fundo do fermentador no final da fermentação, sendo por lá recolhida. Na figura 6 pode-se observar a diferença de morfologia entre uma estirpe de levedura do tipo *Lager* e *Ale*.

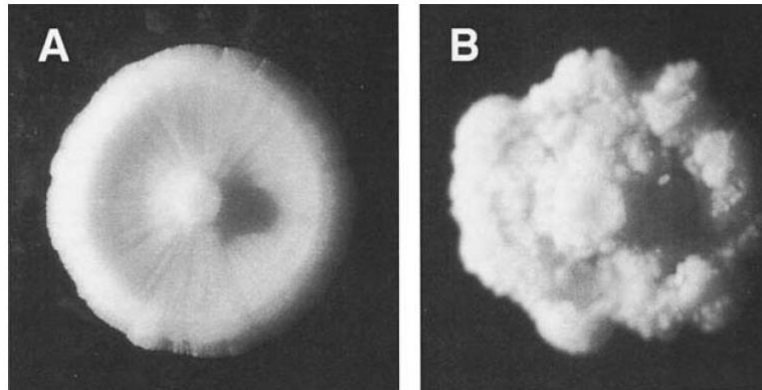


Figura 6- Diferença da Morfologia de uma Estirpe de Levedura *Lager* (A) e *Ale* (B), retirado de Bamforth (2003).

A temperatura ótima de fermentação anda entre os 6 e 14°C e são, essencialmente, utilizadas as estirpes *Saccharomyces carlsbergensis*, *Saccharomyces pastorianus* e alguns híbridos entre *Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces monacensis*, como é o caso da *Saccharomyces uvarum* (Boulton & Quain, 2008).

Para o seu metabolismo a levedura utiliza vários compostos químicos presentes no mosto, nomeadamente, os açúcares como fonte de carbono e energia; os aminoácidos, também designados por FAN (*Free Amino Nitrogen*), como fonte de azoto e vários minerais iões e vitaminas necessários ao seu desenvolvimento.

Relativamente à metabolização dos açúcares presentes no mosto pode-se observar que as moléculas mais pequenas de açúcar, como é o caso da glucose e frutose, entram na célula por difusão facilitada com auxílio da permease, sendo o seu transporte interrompido quando as concentrações no interior e exterior da célula forem iguais. Estas moléculas poderão ser consumidas durante a fermentação sem sofrerem qualquer tipo de hidrólise. Em relação às moléculas de açúcar de maior dimensão podemos identificar a maltose, e maltotriose, e a sacarose. A sacarose, inicialmente, é hidrolisada por uma enzima libertada pela célula, a invertase. Sendo hidrolisada, a sacarose formará uma molécula de glucose e outra de frutose que serão transportadas pela membrana celular pelo método mencionado em cima, difusão facilitada pela permease. Em relação à maltose e à maltotriose, o seu transporte para o interior da célula dá-se por transporte ativo, mediado pela ATPase, juntamente com um ião de hidrogénio. No interior da célula a maltose é degradada em duas moléculas de glucose pela enzima maltase, enquanto, a maltotriose dá origem a três moléculas de glucose. A utilização da maltose, e maltotriose, por parte da

célula é inibida pela glucose, isto é, enquanto existir glucose no meio a célula não irá consumir maltose (Boulton & Quain, 2008).

Dado o transporte dos açúcares para o interior da célula começa a fermentação propriamente dita. A fermentação visa a produção de energia por parte da célula, mas também etanol e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), utilizando a glucose ou a frutose. Inicialmente a glucose sofrerá uma oxidação e formará 2 moléculas de piruvato (ácido pirúvico), no entanto, para que tal aconteça, paralelamente acontecem várias conversões, a formação de moléculas de ATP (nucleótido responsável pelo armazenamento de energia), a partir de ADP e fósforo; e a redução de  $\text{NAD}^+$  em NADH, que será oxidado para a produção de etanol (álcool etílico –  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ ) na etapa seguinte da fermentação. Em seguida, as duas moléculas de piruvato sofrerão uma descarboxilação, por ação enzimática da piruvato-descarboxilase, levando à formação de  $\text{CO}_2$ . Com a perda do átomo de carbono (C), esse acetaldeído sofrerá uma redução e, conseqüentemente, oxidará a molécula de NADH. E assim formar-se-á o etanol presente na cerveja (Figura 7).

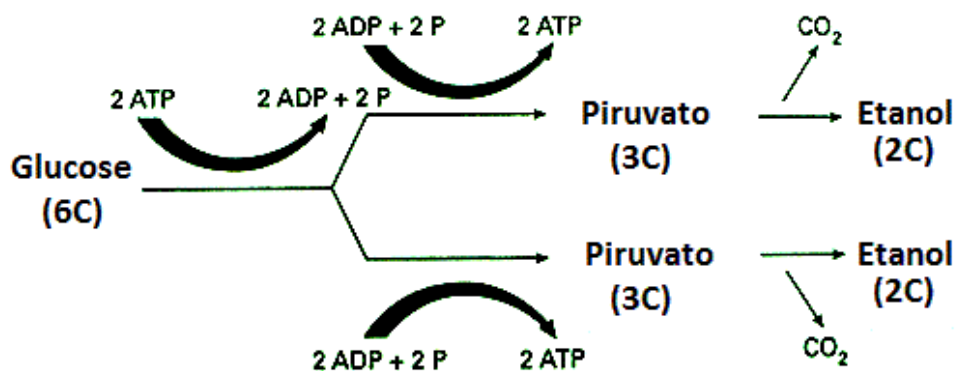


Figura 7- Processo Fermentativo.

Este processo fermentativo realizar-se-á enquanto existirem açúcares fermentescíveis presentes no mosto.

Atualmente, a fermentação da cerveja ocorre em cubas fermentação com formato cilindro-cônico. As cubas de fermentação deverão ser fabricadas num material que não seja corroído pelo mosto, cerveja ou soluções de higienização, permitir que a fermentação, maturação e estabilização da cerveja decorra com as temperatura programadas, permitir a recolha do  $\text{CO}_2$  libertado, bem como da levedura sedimentada e ser equipado com dispositivo de higienização. Durante o processo é de extrema importância a medição do extrato. Extrato define-se como sendo a soma de todos os açúcares fermentescíveis e carbo-hidratos solúveis não fermentescíveis do mosto e utiliza-se a unidade  $^\circ\text{Plato}$  para sua medição. Entende-se como  $1^\circ\text{Plato}$  uma solução com uma concentração de 1 g de sacarose por

100g de solução. Paralelamente, também é importante a realização de medições de contagem celular de levedura, que irá aumentar numa fase inicial, a fase de crescimento e multiplicação, e decrescer, em seguida ao longo da fermentação, devido à floculação da mesma; outra medição importante é o teor de álcool, que irá aumentar desde o início da fermentação até a fermentação chegar ao seu fim, atingindo aí o seu máximo.

A fermentação, a nível industrial, tem uma duração de cerca de 10 dias, sendo realizada uma purga da levedura que floculou. Em seguida, a cerveja entra num período de maturação em que a temperatura será reduzida drasticamente para cerca de metade, entre 5 e 7°C, de modo a consolidar aromas e eliminar alguns compostos voláteis. Desses compostos voláteis destaca-se o diacetilo, que é um subproduto da fermentação, e que será consumido pela levedura ainda em suspensão de modo a torná-lo, praticamente, impercetível na cerveja. Atingido o valor pretendido de concentração de diacetilo, inferior a 0,06 mg/l a cerveja deverá ser arrefecida até uma temperatura muito próxima de 0°C, de modo a assim eliminar matéria proteica, melhorando assim a sua estabilidade coloidal.

Estando a cerveja com as características pretendidas poderá ser necessário realizar uma clarificação da cerveja, de modo a eliminar as partículas que irão conferir turvação à cerveja. Essas partículas são, essencialmente, células de levedura que não foram retiradas nas purgas e precipitados de proteínas, taninos. Esta clarificação da cerveja será realizada a partir da centrifugação e a utilização de diversos tipos de filtro. Dos diferentes tipos de filtros que poderão ser utilizados destacam-se os filtros de folhas, de velas e prensa. Neles é necessário a utilização de um leito filtrante, geralmente terra de diatomáceas (Kieselguhr - KG), previamente disposto no suporte do filtro (varia consoante o tipo de filtro), formando assim uma pré-camada; no entanto já existem filtros que não necessitam da utilização de um adjuvante para a filtração (Kemperink et al., 2006). Estando a pré-camada de leito filtrante formada, o processo desenrola-se de forma contínua, isto é, a cerveja vai passando pelo filtro, ficando retido no leito filtrante as células de levedura e proteínas, formando assim o bolo de filtração. Juntamente com a cerveja, é injetada, em intervalos regulares, mais terra de diatomáceas ao leito filtrante. O processo termina quando todos os espaços livres do leito filtrante estiverem preenchidos, dizendo-se assim que o filtro está colmatado. A terra de diatomáceas é um mineral constituído por esqueletos de algas diatomáceas e revestido por uma cápsula de sílica. A sua calcinação a 800°C transforma todas as argilas e carbonatos em sais insolúveis, não prejudicando assim a filtração da cerveja, bem como a sua qualidade. De acordo com a sua granulometria, poder-se-á definir como sendo grosso (20-40µm), médio (10-20 µm) ou fino (2-10 µm).

Retiradas as partículas de células de levedura poderá, ainda, ser necessário retirar alguns compostos polifenólicos, que poderão causar algum impacto na turvação do produto final. Assim sendo, realiza-se uma filtração através de um leito filtrante de poli-vinil-poli-pirrolidona (PVPP) e/ou sílica-gel, que irá adsorver os polifenóis e proteínas, respetivamente.

A nível industrial poderá ainda ser necessário corrigir o extrato, através da diluição da cerveja, bem como carbonatar a cerveja para os níveis pretendidos.

Terminado o processo produtivo a cerveja poderá ser cheia de acordo com o vasilhame pretendido, sendo necessário haver um controlo rigoroso do nível de oxigénio, de modo que a concentração de  $O_2$  seja a menor possível, e assim, evitar reações de oxidação na cerveja que deteriorariam o seu aroma. Também deverá ser assegurado que não haja desenvolvimento de microrganismos, através da realização de uma pasteurização.





### 3. CARATERIZAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo será apresentada a empresa onde se realizou esta dissertação. A apresentação consistirá em divulgar a sua localização, evolução histórica, estrutura organizacional e principais marcas produzidas.

#### 3.1 Identificação e Localização

Esta dissertação foi desenvolvida na empresa Unicer Bebidas, SA (Figura 8). A Unicer Bebidas, SA dedica-se à produção e comercialização de bebidas, sendo a maior empresa do ramo em Portugal, empregando mais de 1500 pessoas.



Figura 8- Logotipo da Unicer Bebidas, SA, retirado de Unicer (2013).

Possui vários centros de produção, destacando-se o centro de Leça do Balio (Figura 9) para a produção de cerveja (onde esta dissertação foi realizada), o centro de Santarém para a produção de sumos e refrigerantes, os centros do Caramulo, Ladeira de Envendos, Castelo de Vide e Pedras Salgadas para a captação e engarrafamento de água e a Quinta do Minho (Póvoa de Lanhoso) para a produção de vinho (Unicer, 2013).



Figura 9- Vista Aérea da Fábrica de Leça do Balio.

### 3.2 Evolução Histórica

A Unicer nasceu, em 1977, da fusão de três empresas cervejeiras que haviam sido nacionalizadas nos anos anteriores, a Companhia União Fabril Portuense (CUPF), a Copeja e a Imperial. Assim se manteve com capitais públicos até 28 de Junho de 1990, data em que se tornou totalmente privada. No entanto pode-se considerar a CUPF como sendo a sua empresa-mãe. A CUPF foi fundada em 1890 com instalações no centro da cidade do Porto inicialmente, e a partir de 1964 em Leça do Balio, onde se mantém até aos dias de hoje (Figura 10).



Figura 10- Evolução Histórica da Empresa Unicer Bebidas, SA., adaptado de Unicer (2013).

A Unicer obteve a sua denominação atual em 2001, quando passou de Unicer – União Cervejeira, para Unicer – Bebidas, de maneira a deixar para trás a imagem de uma empresa cervejeira apenas, e afirmar-se como uma empresa de bebidas.

Atualmente a Unicer pretende focalizar os seus negócios nas produções de água e cerveja e consolidar a sua presença internacionalmente (Unicer, 2013).

### 3.3 Estrutura Organizacional

A Unicer é constituída, maioritariamente, por capitais nacionais. Sendo 56% pertencentes ao Grupo Viacer, que por sua vez é dividido em três grupos portugueses – Violas (46%), Arsopi (28%) e BPI (26%), e 44% ao grupo dinamarquês Carlsberg (Figura 11) (Unicer, 2013).

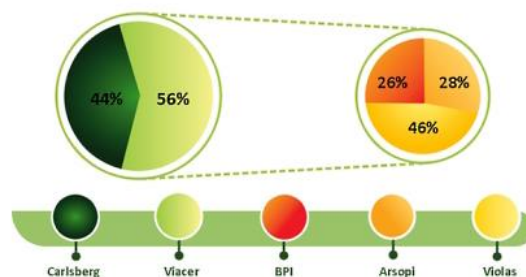


Figura 11- Estrutura Acionista, retirado de Unicer (2013).

Organizacionalmente na figura 12 a está representada a estrutura da Unicer. O Serviço de Produção de Cerveja - SPC enquadra-se na área do *Supply Chain*.



Figura 12- Estrutura Organizacional, retirado de Unicer (2013).

### 3.4 Marcas

A Unicer apresenta um vasto reportório de bebidas, dedicando-se à produção de cervejas, águas, refrigerantes, vinhos e sidras.

Nas cervejas pode-se destacar a Super Bock, Super Bock Stout, Super Bock Sem Álcool, Super Bock Abadia, Super Bock Classic, Super Bock Green, Cristal, Carlsberg, Cheers e Marina (Figura 13). Todas estas cervejas são produzidas no centro de Produção de Leça do Balio (Unicer, 2013).



Figura 13- Principais Marcas de Cerveja Produzidas pela Unicer.

Relativamente às águas, a Unicer possui vários centros de captação e engarrafamento de águas. Em Castelo de Vide procede-se à captação das águas Vitalis, na Serra do Caramulo à água do Caramulo e nas Pedras Salgadas, e zona envolvente, à captação das águas gasocarbónicas naturais das Pedras, de Melgaço e Vidago (Figura 14) (Unicer, 2013).



Figura 14- Marcas de Águas Captadas e Engarrafadas pelo Grupo Unicer.

Os refrigerantes do grupo Unicer são produzidos nas instalações de uma empresa formada em 1961, a “Rical – Empresa Produtora de Refrigerantes Rodrigues, Irmãos e C<sup>a</sup>, Lda.” em Santarém. Nos sumos

com gás destaca-se a marca FriSumo, nos sumos sem gás a marca Frutis, noutros refrigerantes gaseificados a marca Snappy, no chá-fresco a marca Frutea e o Guaraná (Figura 15) (Unicer, 2013).



Figura 15- Refrigerantes Produzidos pela Unicer.

Na produção vinícola destacam-se as marcas Quinta do Minho, Campo da Vinha, Porta Nova, Mazouco, Planura, Monte Sacro, Vini e Tulipa (Figura 16) (Unicer, 2013).



Figura 16- Marcas de Produção Vitícola do Grupo Unicer.

Mais recentemente a Unicer também se dedica a produção Sommersby, uma sidra (Unicer, 2013).

## 4. ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO

Neste próximo capítulo será descrito todo o processo de produção de cerveja na Unicer, em Leça do Balio. Analisando os problemas propostos e identificados outros problemas de raiz.

### 4.1 Descrição do Processo

A produção de cerveja na Unicer Bebidas SA, na fábrica de Leça do Balio, está separada em duas áreas distintas: a área de fabrico e a área da adega (Figura 17).

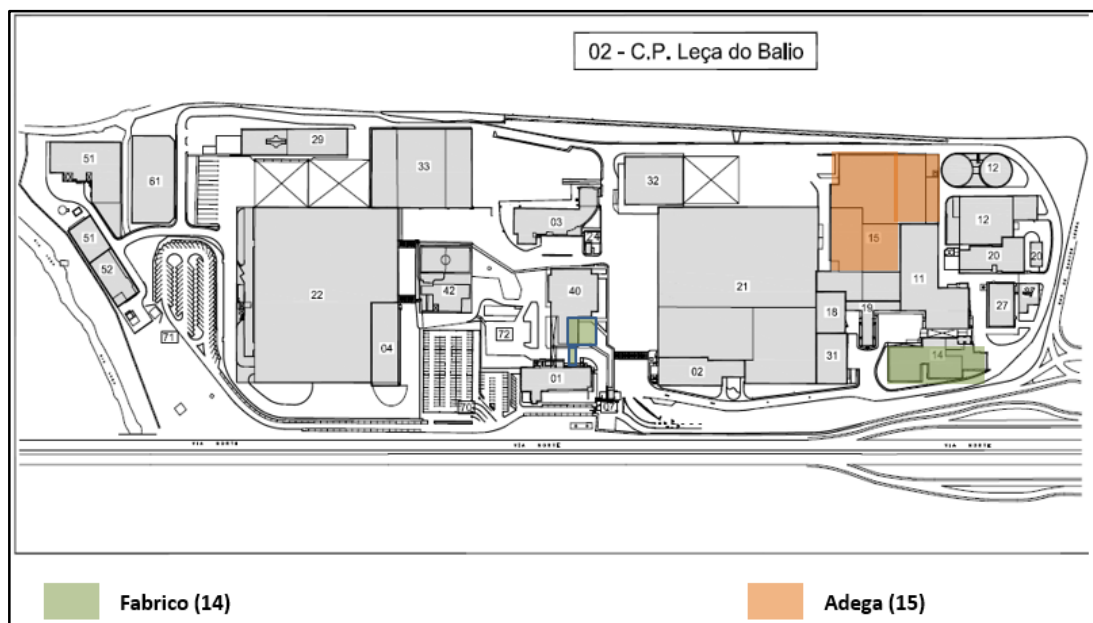


Figura 17- Layout da Fábrica de Leça do Balio.

Na área de fabrico procede-se ao armazenamento de matérias-primas para fabricação do mosto, a moagem do malte e cevada e a fabricação do mosto. Na área da adega realiza-se o arrefecimento do mosto, fermentação, filtração e tratamento da levedura.

#### 4.1.1 Área de Fabrico

A primeira fase do processo designa-se por ensilagem, onde o malte, a cevada e o griz de milho são conduzidos para os respetivos silos. Estas matérias-primas são descarregadas a granel diretamente do camião para o tegão de descarga. O malte e a cevada são descarregados no mesmo tegão sendo conduzidos para o silo por um sistema de elevadores contínuos, enquanto o griz de milho é descarregado noutra tegão e é levado até ao silo por um sistema de aspiração. A quantidade descarregada é definida pelo valor da guia de transporte. Após a ensilagem ocorre a moagem seca do malte e da cevada. O griz de milho não é moído pois já é obtido com o grau de moagem pretendido, sendo conduzido diretamente

para a tremonha de gritz, onde ficará até se iniciar a preparação da calda de gritz. Antes do malte e a cevada chegarem aos moinhos são retirados todos os resíduos presentes. Com a moagem concluída, o malte e a cevada ficam a aguardar numa tremonha que se arranque com a empastagem.

A fabricação do mosto desenrola-se na sala *Nordon* (Figura 18). A sala tem capacidade de produzir cerca de um milhão de litros de mosto por dia, sendo que cada fabrico (*batch*) poderá ter um volume de cerca de cem mil litros.



Figura 18- Sala de Fabrico *Nordon*.

Para a realização da empastagem existem três caldeiras (à esquerda na figura 18), sendo que uma é utilizada para a empastagem da calda de gritz de milho e as outras duas caldeiras, para a empastagem do malte, que funcionam de forma alternada. Decorrido o processo de empastagem e sacarificação do mosto, o mosto é bombeado para dois filtros de placas (à direita na figura 18), de forma a separar a componente sólida presente ainda no mosto, a *drêche*, da líquida que seguirá para o tanque tampão. A *drêche* é libertada no final do processo de filtração, sendo acumulada num tanque e vendida, posteriormente, para ração animal. Aí a água utilizada na lavagem do filtro é reutilizada na empastagem do mosto, de modo a não se perder o teor de extrato que ela apresenta. Terminada a filtração, todo o mosto retido no tanque tampão passará para etapa de ebulição. O mosto passará por um permutador de calor externo e pela caldeira de ebulição, continuamente, durante cerca de duas horas. Nesta fase o lúpulo é adicionado sob forma de extrato, bem como o xarope de glucose ou outras soluções de açúcar. De seguida o mosto passa para um decantador do tipo *Devreux*, onde permanecerá em repouso durante 15 minutos, sendo recolhido o *trub* que se terá depositado no cone inferior. Esse *trub* recolhido na decantação será transferido para outro tanque (pião) e, novamente, introduzido no processo, no fim da etapa de empastagem do fabrico  $n+2$ , sendo o fabrico  $n$  o que se encontra ainda no decantador. Nos últimos dois fabricos de cada semana, antes da limpeza semanal, o procedimento de reutilização do *trub*



é diferente, pois durante a decantação desses fabricos não se encontra nenhum fabrico nas caldeiras de empastagem. Portanto, no penúltimo fabrico semanal o *trub* volta entrar no processo na etapa de ebulição do fabrico n+1, enquanto o *trub* do último fabrico não é reutilizado. Nestes últimos fabricos semanais também é incluída a água, que foi armazenada durante a lavagem do filtro juntamente com o mosto já clarificado, depois da decantação. O mosto agora será bombeado para a área da Adega, onde será arrefecido e colocado numa cuba de fermentação.

#### 4.1.2 Área da Adega

Aqui o mosto é, inicialmente, arrefecido dos 100 até à temperatura em que decorrerá a fermentação. Para o arrefecimento recorre-se a um permutador de calor de placas. Na instalação do permutador é possível ainda oxigenar o mosto recorrendo a ar estéril ou oxigénio puro. Em seguida, o mosto é conduzido até à cuba de fermentação, podendo ser uma cuba de 100.000 litros (Figura 19) ou de 300.000 litros. No caso das cubas mais pequenas a sua capacidade corresponde a cerca de 1 fabrico de mosto enquanto a de 300.000 litros tem capacidade para cerca de três fabricos.



Figura 19- Base das Cubas de Fermentação na Área da Adega.

Durante a passagem do primeiro fabrico para a cuba de fermentação é inoculada, em linha, a levedura na sua totalidade que será utilizada na fermentação. De referir ainda que o mosto fabricado é de *High Gravity Brewing* - HGB, isto é, apresenta uma concentração de extrato elevado, superior a 18 °P. Isto permite uma maior produção de cerveja por cada fermentação realizada, sem necessariamente aumentar o espaço físico da unidade de produção. No entanto, poderá ter umas desvantagens associadas como fermentações mais demoradas e incompletas ou baixa viabilidade na reutilização da levedura recolhida no final de fermentação.

Ao longo da fermentação é analisado diariamente o valor de extrato, de modo a obter-se informações do estado da fermentação. Quando a concentração de extrato for muito baixa e a variação de extrato, de um dia para o outro, também for mínima, a levedura é recolhida e a cerveja arrefecida até aos 7 °C e assim permanecerá até que a concentração de diacetilo seja mínima. Esta etapa tem como objetivo melhorar o aroma do produto final, a partir da eliminação do ácido sulfídrico (H<sub>2</sub>S) e acetaldeídos, produtos da fermentação. Em seguida a cerveja é novamente arrefecida até cerca de -1 °C, de modo a formar os complexos polifenólicos e assim facilitar a remoção destes na etapa de clarificação da cerveja. Assim permanecerá até que se dê ordem de filtração para a cerveja dessa cuba.

A estirpe de levedura utilizada é dependente da cerveja a produzir. Em todos os casos, a levedura é inicialmente propagada em laboratório, a partir da levedura armazenada no banco de levedura, depois num propagador industrial com mosto e condições de arejamento pretendidas e finalmente noutro propagador, de maiores dimensões que o anterior, com as mesmas condições mas já com a temperatura muito próxima da temperatura de fermentação. A levedura gerada designa-se como sendo uma levedura com zero trabalhos, isto é, não foi utilizada em nenhuma fermentação. Posteriormente, a levedura será introduzida em linha com o mosto. No fim da fermentação a levedura, dependendo do número de fermentações realizados ou de células mortas, poderá ser reutilizada noutra fermentação, sendo armazenada nos tanques de Stockagem, ou enviada para os tanques de levedura, onde será filtrada e vendida para ração animal. Em relação à levedura que é enviada para os tanques de levedura, ela será filtrada de modo a tentar extrair a cerveja que ainda se encontre presente. A cerveja retirada entrará novamente no processo de clarificação da cerveja. Este processo funciona em circuito fechado, isto é, a levedura circula entre o tanque e o filtro de levedura (Figura 20) continuamente.



Figura 20- Instalação do Filtro de Levedura.

A levedura vai sendo comprimida contra uma membrana cerâmica *cross-flow* e assim vai-se extraíndo a cerveja. À medida que o processo se vai desenrolando a viscosidade da levedura vai aumentando,



chegando a um ponto em que, mesmo com o auxílio de uma bomba, a sua locomoção nas tubagens está muito dificultada. No entanto, a levedura ainda possui alguma cerveja na sua concentração. Portanto, introduz-se água na levedura de forma contínua, de modo a baixar a sua viscosidade e dar continuidade a filtração. A esta fase dá-se o nome de diafiltração. Quanto maior a duração da diafiltração, maior será quantidade de cerveja extraída (Filtrox AG, 2000).

Apesar da cerveja estar com o grau de maturação e características pretendidas, ainda é necessário remover algumas células de levedura, proteínas ou compostos polifenólicos que poderão causar problemas de turvação no produto acabado. Deste modo é realizada uma segunda purga, na cuba de fermentação, da levedura que terá floculado entretanto (esta levedura não será reutilizada, sendo enviada para o filtro de levedura). Em seguida a cerveja será enviada para a as linhas de filtração onde serão removidas todas as matérias anteriormente descritas.

A instalação de filtração é composta por duas linhas autónomas, a linha um e dois (Figura 21).



Figura 21- Linhas de Filtração 1 e 2, respetivamente.

Ambas as linhas possuem uma centrífuga. Aí as partículas em suspensão são projetadas contra a parede e escoam para a câmara de sólidos, sendo posteriormente descarregadas. Estas partículas são, essencialmente, células de levedura que não flocularam. As câmaras de sólidos das centrífugas estão ligadas aos tanques de levedura. A cerveja segue em seguida para um tanque tampão, que servirá de alimentação constante ao filtro de KG. De referir ainda, que antes do filtro de KG a cerveja é arrefecida até  $-1,5^{\circ}\text{C}$ , de modo a evitar a redissolução dos colóides de proteínas e polifenóis. O filtro de KG da linha 1 é um filtro cilíndrico de placas horizontais, enquanto o filtro de KG da linha 2 é um filtro cilíndrico de velas. Em ambos os casos é necessário realizar a pré-camada com KG grosso ou médio e durante o processo de filtração vão sendo, também, injetadas pequenas quantidades de KG médio ou fino de modo

a evitar a colmatção do filtro de KG. Diz-se que o filtro está colmatado quando o leito filtrante está totalmente preenchido, não havendo a passagem de cerveja no filtro e a pressão no seu interior muito elevada. De seguida, a cerveja sai do filtro de KG e segue em direção ao filtro de PVPP. Na linha 1 entre o filtro de KG e o filtro de PVPP há um filtro *trap*, de modo a reter qualquer vestígio de KG que possa ter ficado na cerveja. O filtro PVPP em ambas linhas é um filtro cilíndrico de placas horizontais. Também é necessário realizar uma pré-camada de PVPP sobre as placas do filtro. De seguida, com a passagem da cerveja os complexos de proteínas e polifenóis presentes na cerveja são adsorvidos. Enquanto o KG utilizado no filtro não é reutilizado, sendo enviado para esgoto, o PVPP é regenerado de modo a utilizar-se em ciclos de filtração seguintes. Em seguida, é necessário padronizar a cerveja, acertando o seu valor de extrato e concentração de CO<sub>2</sub>, consoante o tipo de cerveja. Assim, é necessário diluir a cerveja de cerca 18 °P até valores entre 10 e 11 °P e injetar CO<sub>2</sub>. Finalmente, a cerveja passa por 2 filtros *trap*, colocados em paralelo, de modo a reter qualquer partícula que não tenha sido retida nos filtros, e é enviada para os tanques de cerveja filtrada (TCF), onde será em seguida enviada para as linhas de enchimento. Durante esta fase de clarificação poderá, ainda, ser necessário corrigir alguns parâmetros da cerveja, nomeadamente, a cor, o amargo e o SO<sub>2</sub>. O processo de filtração apresenta-se esquematizado na figura 22.

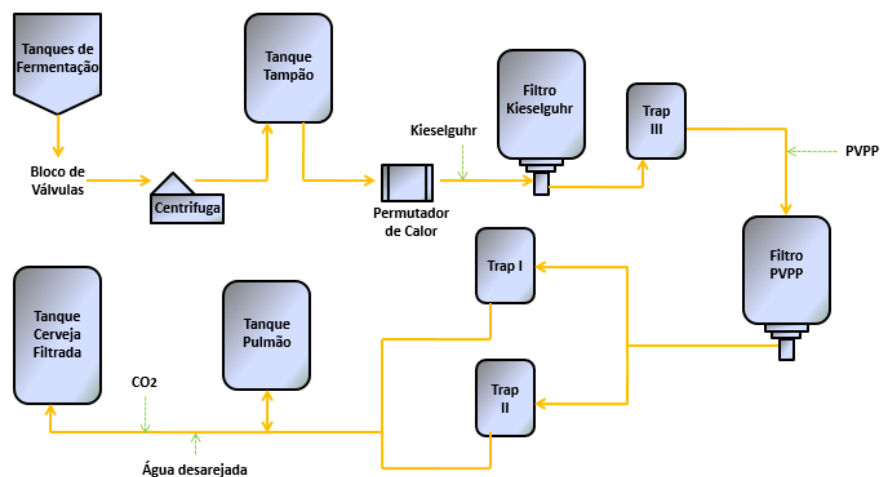


Figura 22- Esquema da Linha de Filtração 1.

A cerveja produzida ficará armazenada nos TCFs, onde ficará à espera que se dê a ordem de enchimento para o TCF em específico. Quando termina o conteúdo de cerveja no TCF procede-se ao enxaguamento com água, ou uma limpeza mais intensiva que acontecerá de 5 em 5 dias. Para além das linhas de enchimento, a cerveja contida nos TCFs também poderá ser enviada para camiões-cisterna.

Todo o processo é supervisionado em computadores de controlo que possuem um sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition). De modo, a obter-se informações em tempo real sobre todo o processo a partir de sensores instalados ao longo do processo.

## 4.2 Análise e Identificação dos Problemas

### 4.2.1 Análise ao Sistema de Supervisão do Processo e Gestão Visual do Processo

Todo o processo de produção de cerveja é supervisionado e controlado computacionalmente, sendo enviados sinais de aviso ou alarmes, a partir do autómato, para os computadores de controlo sempre que ocorra um desvio da situação ideal de funcionamento. Essas informações são apresentadas por um sistema *Andon*, com avisos de várias cores.

Podem-se identificar vários tipos de sinais gerados: um aviso, quando ocorre uma ligeira alteração no processo, em que caso não se assuma nenhuma ação poderá gerar consequências mais graves no processo. Este aviso caracteriza-se pelo aparecimento de uma mensagem de cor amarela nos computadores de controlo, e aparece, por exemplo, em casos em que há uma ligeira variação da temperatura da cerveja. Outro tipo de informação visual gerada são os alarmes. Os alarmes apresentam um grau de severidade muito superior em relação aos avisos, caracterizando-se como tendo origem em mal funcionamentos de equipamentos, ou desvios graves ao comportamento ideal durante o processo. O alarme caracteriza-se pelo aparecimento de uma mensagem de cor vermelha. Quando é necessário a realização de uma tarefa por parte de um operador para o processo se desenrolar surgirá uma informação de cor roxa. Este aviso permanecerá no ecrã de controlo até que o operador confirme a sua execução. Finalmente, poderá ainda existir informação visual gerada por erros nos autómatos (PLCs) que controlam a automação do processo. Esta informação é apresentada nos computadores de controlo com a cor preta. Como se pode verificar na figura 23, existem sempre vários alarmes e avisos ativos nas diferentes etapas do processo.



Figura 23- Ecrã de Supervisão do Processo.

Enquanto na figura 24 é apresentada a sucessão de alarmes gerados ao longo do tempo.

09:05:09.891	1	FERM/CUBA063_VSUP	VALVULA SUPERIOR CUBA 63 - Falha a Abrir	CC			Fermentação
09:03:24.630	1	FERM/ALR_CUBA088	CUBA 88 - Desvio Temperatura Sonda Inferior	CC			Fermentação
09:03:24.630	1	FERM/ALR_CUBA088	CUBA 88 - Desvio Temperatura Sonda Intermédia	CC			Fermentação
09:03:24.630	1	FERM/ALR_CUBA088	CUBA 88 - Desvio Temperatura Sonda Superior	CC			Fermentação
09:02:09.595	1	FILTRACAO/FL2KGDLT01	Nivel Tanque Dosagem de Kieselghur Linha 2 - Alarme	CG			Filtração
08:57:00.072	1	FERM/CUBA036_AVISOS	CUBA 36 - AVISO 1ª PURGA	C			Fermentação
08:53:12.966	1	FILTRACAO/FL2KGFTT02	Temperatura Cerveja Saida Arrefecedor Linha 2 - Alarm	CG			Filtração
08:51:37.356	1	FILTRACAO/FL2KGFTT01	Turvação Cerveja Filtro Kieselghur Linha 2 - Alarme al	CG			Filtração
08:51:16.709	1	FILTRACAO/FL1PVFPT01	Pressão Entrada Filtro KG Linha 1 - Alarme muito alto	CG			Fermentação
08:43:01.603	1	FERM/COVG0LS03	DETECTOR NIVEL LINHA CO2 ATMOSFERA	CG			Fermentação
08:38:51.820	1	FERM/ALR_CUBA080	CUBA 80 - Desvio Temperatura Sonda Inferior	CC			Fermentação
08:38:51.820	1	FERM/ALR_CUBA080	CUBA 80 - Desvio Temperatura Sonda Intermédia	CC			Fermentação
08:38:51.820	1	FERM/ALR_CUBA080	CUBA 80 - Desvio Temperatura Sonda Superior	CC			Fermentação
08:22:06.699	1	FILTRACAO/FL2RBTAV03	Valvula Retorno CIP Cerveja Recuperada Linha 2 - Pec	CG			Filtração
08:21:52.178	1	FILTRACAO/FL1PVFAV21	Valvula Contrapressao Filtro PVPP Linha 1 - Falha a Fe	CG			Filtração
08:18:23.224	0	TCF/MSG_ENCH_LINHA3	TCF PARA LINHA 3 - INTERROMPER PRODUÇÃO	CG			Cerveja Filtrada
08:07:31.408	1	FERM/CC51AV10	CCT51 - VALVULA CONTROLO PRESSÃO AR/CO2 - Fal	CG			Cerveja Filtrada
08:07:00.224	1	FERM/ALR_CUBA074	CUBA 74 - Desvio Temperatura Sonda Inferior	CC			Fermentação
07:44:08.833	1	FERM/ALR_CUBA082	CUBA 82 - Desvio Temperatura Sonda Superior	CC			Fermentação
07:08:29.354	1	FILTRACAO/FL2KGDLT01	Nivel Tanque Dosagem de Kieselghur Linha 2 - Alarme	CG			Filtração
06:54:19.464	0	FILTRACAO/DWSBLFL2PRO_MSG	VALVULA DILUIÇÃO FILTRO LINHA 2 ABERTA A 100%	CG			FILTRAÇÃO
06:34:20.774	0	CIP_ADEGA/ALR_CIP1	CIP CC3000 - EM PAUSA	CG			CIP
06:28:13.708	1	FERM/ALR_CUBA026	CUBA 26 - Desvio Temperatura Sonda Inferior	CC			Fermentação
06:19:36.138	1	TCF/BLSL01PT01	Pressao Saida BOMBA Linha 3 Enchedora 1 - Falha Lei	C			Cerveja Filtrada
06:15:34.719	1	LEVEDURA/YST1AV08	VALVULA RETORNO CIP TQ STOCKAGEM - Falha a Ak	CG			Cerveja Filtrada
06:14:50.691	1	LEVEDURA/SWL01AV03	VALVULA AGUA LINHA SEMEITEIRA - Falha a Fechar	CG			Filtração
06:11:52.703	0	LEVEDURA/ALR_GERAIS_YST8	Tanque 8 - Alarme Arr.Programa - Outro Programa Em E	CG			Stockagem
06:11:00.323	0	CSA	SCC Product Flow PID Control Loop Deviation Alarm	CG			Cerveja Sem Alcool
06:08:29.113	0	CSA/TT04	Temperatura topo coluna baixa	CG			Cerveja Sem Alcool
06:08:06.434	0	CSA/TT06	Temperatura saida cerveja Alta	CG			Cerveja Sem Alcool
06:05:34.769	0	CSA/SCC	SCC Corrente do Motor elevada - Column Flooding	CG			Cerveja Sem Alcool
05:58:46.276	0	CIP_ADEGA/ALR_CIP1	CIP CC3000 - FALHA VALVULA RECIRCULAÇÃO	CG			CIP
05:58:46.142	1	FERM/CUBA086_VRECIR	VALVULA RECIRCULACAO CUBA 86 - Falha a Abrir	CG			Fermentação
05:58:02.678	1	LEVEDURA/CSL4AV10	VALVULA ENTRADA CIP ARREFECEDOR NORDON - F	CG			Cerveja Filtrada
05:56:38.064	0	CIP_ADEGA/ALR_CIP1	CIP CC3000 - TEMPO MAXIMO DE PASSO ATINGIDO	CG			CIP
05:50:57.599	0	CIP_ADEGA/ALR_CIP1	CIP CC3000 - FALHA LINHA CIP ATE A CUBA	CG			CIP
05:49:31.640	0	TCF/ALR_BARRIS_ACE	FALHA ENVIO LINHA ACE - VALVULAS DA CUBA	CG			Cerveja Filtrada
05:49:31.640	0	TCF/ALR_BARRIS_ACE	FALHA ENVIO LINHA ACE - VALVULAS LINHA	CG			Cerveja Filtrada
05:44:33.820	1	FERM/ALR_CUBA081	CUBA 81 - Desvio Temperatura Sonda Superior	CC			Fermentação
05:28:19.397	0	LEVEDURA/ALR_GERAIS_T2	Tanque 2 - Alarme Arr.Programa - Tanque Fora Serviço	CG			Stockagem

Figura 24- Listagem da Informação Visual Gerada ao Longo do Tempo.

Como se pode verificar nas duas figuras anteriores a informação visual gerada é excessiva e tem origem, na maior parte dos casos, em situações transitórias muito rápidas que não permitem uma análise correta e a tomada de decisões necessárias para a resolução dos problemas.

Estas informações visuais vão aparecendo sequencialmente nos computadores de controlo. Na área da adega podem aparecer cerca de 1000 a 2000 notificações por dia nas várias fases do processo. Com a distribuição nas seguintes áreas da adega (Figura 25):

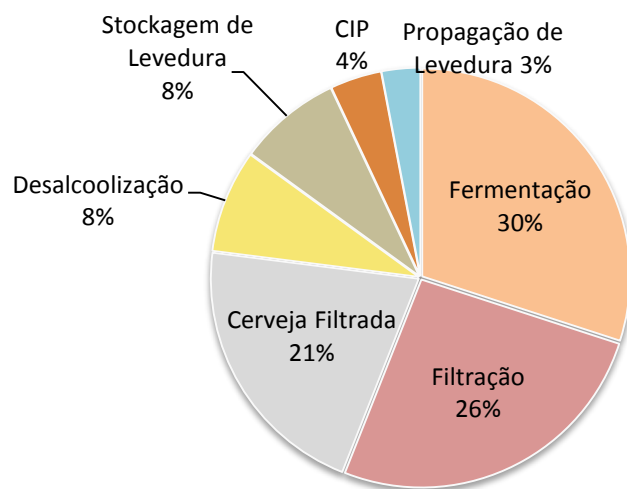


Figura 25- Distribuição dos Alarmes e Avisos na Área da Adega, em Relação a Todas as Fases do Processo.

Torna-se portanto claro que as áreas com maior incidência de informação visual gerada são as da fermentação, filtração e cerveja filtrada (TCFs). Destas áreas definiu-se a qual seria a área que teria maior impacto na redução da informação visual, isto é, a área que seria de mais fácil atuação e com maior importância no processo. Deste modo, optou-se então por analisar a área de cerveja filtrada (TCFs), pois é uma área que se encontra mais estável em relação às outras, não havendo a instalação de novos equipamentos ou alteração dos existentes, e também necessita uma supervisão rigorosa, de modo a agir rapidamente se o envio de cerveja para as linhas de enchimento parar.

Assim, fez-se um levantamento de todos os alarmes e avisos nesta área da adega, de forma a averiguar qual era o equipamento que apresentava um comportamento incorreto o maior número de vezes. Sendo uma área, essencialmente constituída por válvulas, os alarmes e avisos ocorrem, essencialmente, por falhas no comportamento das válvulas. Portanto, foi feito um levantamento das válvulas que tinham requerido mais manutenção durante os meses de Janeiro e Março (Tabela 1).

Tabela 1- Pedidos de Manutenção a Válvulas dos TCFs

<b>Válvula</b>	<b>Pedidos de manutenção</b>
BSL12AV14	365
BSL12AV26	139
T02AV02	33

Foi também contabilizado o número de falhas nas válvulas por cada linha, no mesmo período de tempo (Figura 26).

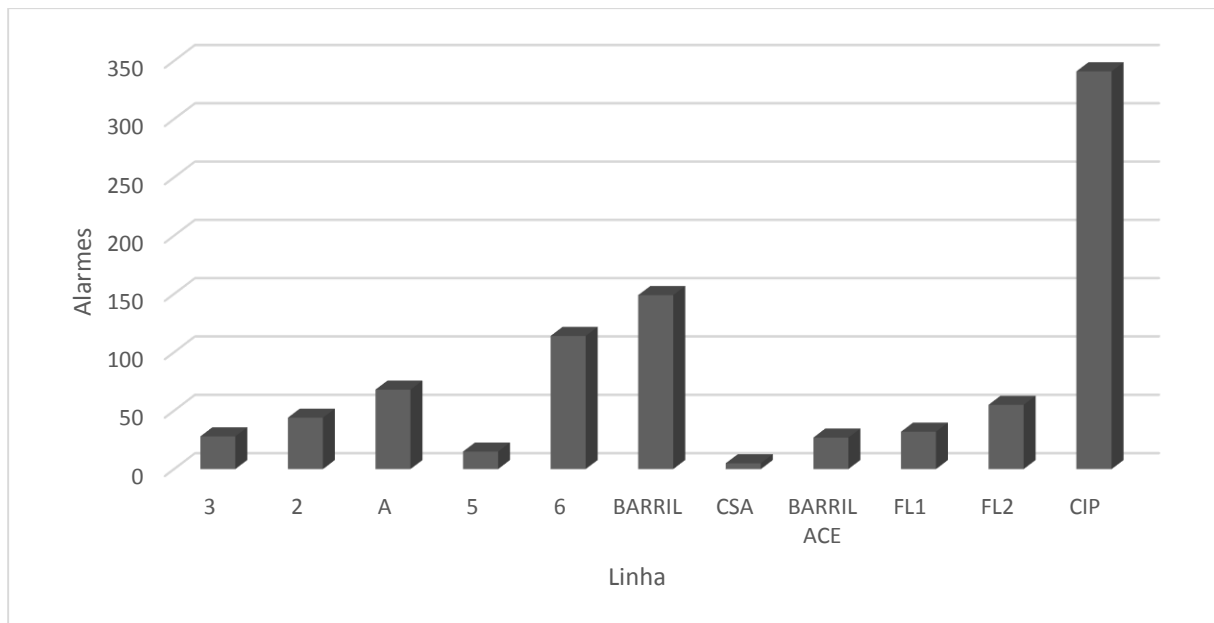


Figura 26- Distribuição das Anomalias Registradas por Linha.

Na figura 26, as linhas 3, 2, A, 5, 6, Barril (Tara Retornável) e Barril Ace (Tara Perdida) correspondem a linhas de enchimento. A linha de enchimento A é utilizada para o carregamento de cisternas. A linha CSA corresponde à linha de envio de cerveja para o desalcoolidor, para a produção de cerveja sem álcool. As linhas FL1 e FL2 correspondem as linhas de filtração 1 e 2 e a linha CIP à linha da instalação de limpeza dos TCFs. Existem 18 TCFs e cada TCF tem ligação a todas as linhas descritas através de válvulas havendo, portanto, o mesmo número de válvulas por linha (Anexo II). A ordem das linhas no gráfico está relacionada com a sua ordem no bloco de válvulas (Anexo II). Analisando a figura 26 pode-se verificar que as válvulas da linha CIP falham bastantes mais vezes que válvulas de outras linhas. Durante o levantamento dos dados das falhas nas válvulas constatou-se que válvulas com maior período sem ter sido realizada qualquer manutenção sofriam um número maior de anomalias. Deste modo, serão propostas melhorias que possam reduzir o número de informação visual gerada, quer na área da Cerveja Filtrada, quer na área da Adega em geral.

#### 4.2.2 Análise à Performance de Filtração

Cada linha de filtração funciona mediante ciclos. Um ciclo de filtração deve ter uma duração média de 16 horas, de modo a filtrar cerca de 1 milhão de litros de cerveja, o equivalente a cerca de 6 TCFs cheios de cerveja (150000 L de cerveja cada).

Um ciclo de filtração compreende as seguintes etapas:



- Esterilização e arrefecimento, onde, por toda a instalação de filtração passa água quente de modo a evitar contaminações microbiológicas. Em seguida, passa água fria para as tubagens se encontrarem já a uma temperatura próxima da da cerveja.
- Pré-camada no filtro de KG, formação do leito filtrante a partir de KG médio ou grosso.
- Filtração. Inicialmente as tubagens estão cheias de água que será empurrada pela entrada da cerveja na linha de filtração. Com entrada da cerveja no filtro de KG, começa a formação da pré-camada no filtro PVPP.

Inicialmente, essa mistura água/cerveja é enviada para o tanque de inícios-e-fins até a cerveja atingir o valor de extrato da receita da cerveja, e a partir daí a cerveja começará a dar entrada no TCF.

- Fim de filtração. Quando a diferença de pressão entre a entrada e a saída dos filtros for muito elevada, ou faltar algum dos auxiliares de filtração ou a carga de KG ou PVPP dentro do filtro for muito elevada (de acordo com as especificações dos fabricante dos filtros), dá-se como terminado o ciclo de filtração. Em caso de uma diferença de pressão muito elevada, o filtro encontra-se colmatado.

Em seguida, procede-se de forma inversa ao início de filtração, empurrando a cerveja, que se encontra nas tubagens, com água.

- Regeneração. Nesta fase o PVPP é regenerado para ser reutilizado no ciclo seguinte. São feitas análises ao PVPP, de modo a averiguar se a pureza do PVPP de mantém alta.

No entanto, por vezes os ciclos de filtração são extremamente curtos, devido à colmatção do filtro de KG. Com ciclos de filtração muito curtos, as linhas de filtração não conseguiam escoar a cerveja que estava nas cubas de fermentação, havendo a criação de um *stock* desnecessário e, não havendo cerveja filtrada para as linhas de enchimento, que teriam maiores tempos de espera para arrancar com a produção. Deste modo, serão estudadas razões para essa causa e propostas ações de melhoria que consigam melhorar a performance da etapa de filtração. Por isso, foi também analisada a eficiência de remoção de células de levedura por parte da centrífuga. Na tabela 2 encontra-se a contagem celular da cerveja realizada antes da entrada na centrífuga e depois da centrífuga, bem como o caudal a que estava a operar naquele momento e a eficiência de remoção.

Tabela 2- Eficiência de Remoção de Células de Levedura

Contagem celular (Mcélulas/mL)		Caudal (hL/h)	Eficiência de remoção (%)
Antes Centrifuga	Depois Centrifuga		
3,10	0,54	263	83%
2,02	0,44	250	78%
2,19	0,55	278	75%
2,31	0,51	319	78%
5,12	1,25	346	76%
3,52	0,65	302	82%
2,11	0,56	296	74%
9,80	1,05	274	89%
4,47	1,10	249	75%
8,32	1,13	245	86%
5,40	0,59	300	89%
10,01	1,04	330	90%
Média			81%

Segundo o fabricante a centrífuga, com um caudal máximo de 500 hL/h a centrífuga deveria conseguir manter uma eficiência de remoção de cerca 90% e uma contagem celular depois da centrifuga de 500 mil células/mL. Em seguida foi contabilizada a concentração celular ao longo tempo, entre períodos de descarga de sólidos (400 segundos) por parte da centrífuga (Figura 27).

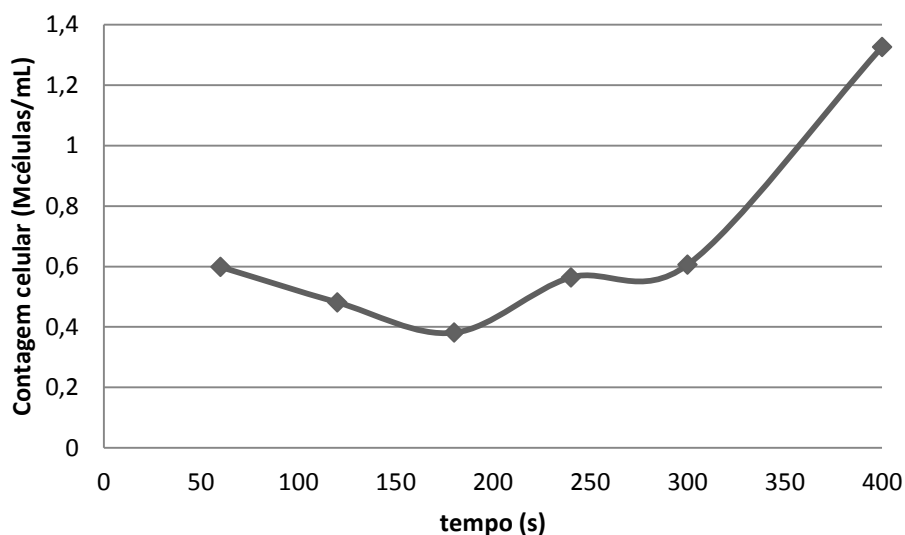


Figura 27- Concentração de Células de Levedura, no Período entre Descargas da Câmara de Sólidos da Centrífuga.

Era também imprescindível desenvolver um método laboratorial que permitisse transpor o comportamento de uma cerveja no filtro de KG para a escala laboratorial e comparar esse comportamento com diferentes tipos de cerveja.



Outro problema identificado, foi a falta de uniformidade das tarefas realizadas quando era necessário calibrar ou alterar o valor pedido pelo medidor de extrato na linha de filtração.

#### 4.2.3 Análise às Quebras no Processo Produtivo

Ao longo do processo de produção vão havendo quebras na quantidade de extrato, isto é, entre etapas do processo vão havendo perdas de extrato. Esta perda de extrato está, obviamente, associada a uma perda monetária. Deste modo procedeu-se à construção de um VSM (Anexo I) e assim, determinar os pontos no processo em que está a haver perda de extrato. No entanto é importante notar que há etapas no processo em que não se consegue obter um rendimento perfeito, havendo sempre uma pequena perda associada. Assim, na fabricação do mosto uma quebra de 1% assume-se como sendo aceitável, e na área da adega seria cerca de 3% de quebra da quantidade de extrato. Esta percentagem define-se como:

$$\%_{quebra} = \frac{m \text{ Extrato}_{perdida}}{m \text{ Extrato}_{total}} \times 100 \text{ (Eq. 1)}$$

Onde, a “mExtrato<sub>perdida</sub>” representa todo o extrato, em quilogramas, que se perdeu nessa etapa do processo e “mExtrato<sub>total</sub>” todo o extrato que terá entrado no início do processo.

Após a realização do VSM de todo o processo, foram analisadas todas as etapas do processo produtivo com o objetivo de quantificar as quebras e apresentar, se possível, propostas de melhoria no processo. Inicialmente, foram analisadas as matérias-primas, verificando as guias de remessa do segundo trimestre (Abril, Maio e Junho) e a quantidade que efetivamente foi descarregada pelos camiões (Tabela 3). E verificou-se que havia uma diferença entre peso da guia de remessa (GR) e o peso obtido na báscula da portaria.

Tabela 3- Comparação entre o Peso da GR das Matérias-primas e o Peso báscula da Portaria

<b>Matéria-prima</b>	<b>Fornecedor</b>	<b>Quebra</b>
<b>Malte</b>	A	0,18%
	B	0,22%
<b>Gritz de Milho</b>	C	0,09%
	D	0,32%
<b>Cevada</b>	E	0,15%
	F	-0,04%
<b>Glucose</b>	G	0,24%
	H	0,31%

Outro aspeto analisado foi a descarga de matérias-primas. Verificou-se que uma parte das matérias-primas não era descarregada para o interior dos tegões (Figura 28).



Figura 28- Tegão de Descarga de Malte.

Concluiu-se, a partir da limpeza dos tegões antes da descarga e a pesagem, do malte que tinha sido descarregado para o chão que se estaria a perder cerca de 0,08% do malte.

No processo de moagem ocorre a limpeza do malte, sendo retirados todos os resíduos presentes (Figura 29).



Figura 29- Resíduos à Saída da *Combicleaner* (equipamento de limpeza do malte e cevada).

Foram quantificados esses resíduos, a partir de pesagens do contentor de resíduos e comparando com o malte utilizado na fabricação. Havendo uma perda cerca 0,01% do malte adquirido.

No processo de fabrico de mosto a principal perda no processo está associada à drêche. A drêche é constituída pelos componentes insolúveis do malte, cevada e griz de milho. No entanto possui uma matéria húmida e seca, apresentando cerca de 70% de humidade e 30% de matéria seca. Esse teor de água está relacionado com a etapa de lavagem realizada na filtração do mosto. O objetivo da lavagem é

retirar o máximo de extrato possível que ainda se encontra na drêche, deste modo quanto menor a quantidade de extrato presente na componente líquida mais eficaz terá sido a lavagem. Esse extrato solúvel é bastante diferente nos dois filtros (Figura 30).



Figura 30- Filtro 1 e 2 de Mosto, respetivamente.

Sendo de 1,4 °P, em média, no filtro 1 e quase o dobro no filtro 2, 2,7 °P. Por sua vez, a outra componente da drêche, a matéria seca, não deverá ter um extrato superior a 0,8 °P. Esse extrato representa os açúcares que não foram extraídos durante o processo de brassagem do mosto. A partir daí obteve-se uma quebra total de extrato de 1,4%, nos dois filtros

Outro fator de perda na fabricação do mosto é a não utilização do *trub* do último fabrico da semana, antes da paragem semanal para limpeza aos equipamentos. Esse *trub*, cerca de 6.000 litros (Figura 31), apesar de possuir uma grande quantidade de aglomerados de proteínas e outras matérias em suspensão, ainda apresenta uma grande concentração de mosto, cerca de 90%. A sua não utilização corresponde a uma quebra de 0,1% na produção semanal.



Figura 31- Pião (tanque de armazenamento do trub).

Terminada a fabricação, o mosto é bombeado até às cubas de fermentação. Quando todo o mosto passa pelo arrefecedor é necessário o operador abrir a válvula da água manualmente de modo a empurrar todo o mosto até à cuba (Figura 32). Este procedimento, sendo totalmente manual poderá ter, por vezes, alguma perda de mosto associada.



Figura 32- Empurro de Água Até à Cuba de Fermentação.

Sendo uma fermentação HGB, com alta concentração de açúcares, a levedura irá libertar muito  $\text{CO}_2$  havendo uma espumagem muito agressiva durante a fermentação, e assim acontecendo perda de mosto pelo topo da cuba de fermentação.

O funcionamento do filtro levedura por vezes não é o mais indicado, quer por questões logísticas, quer por limitações da instalação do filtro. Por vezes é necessário cumprir com o envio de levedura para o seu comprador e de forma a ter a quantidade necessária, ou não se filtra a levedura ou interrompe-se o processo de filtração antes de começar a diafiltração, não extraindo o máximo possível de cerveja. Outra limitação do processo é a dimensão dos tanques de cerveja recuperada ser inferior aos tanques de levedura. Isto é um problema, na medida em que por vezes nos tanques de levedura apenas se encontra levedura proveniente de 2.<sup>as</sup> purgas (purgas realizadas antes da filtração). Essa levedura apresenta uma concentração de cerveja muito elevada. Desse modo, o tanque de cerveja recuperada ficará cheio rapidamente e a levedura no tanque de levedura ainda possui bastante cerveja para ser recuperada, e assim o processo é abortado. Por vezes o inverso também acontece, quando nos tanques de levedura apenas se encontra levedura purgada no final da fermentação, com pouca cerveja na sua concentração. Assim, por vezes o tanque de cerveja recuperada fica longe de ficar cheio e o processo já terá terminado. Pelos motivos acima referidos não se consegue cumprir com uma taxa de recuperação utilizada no



dimensionamento do filtro, cerca de 75%, apenas se conseguindo extrair entre 50% e 55%, havendo aí uma quebra de cerca 1,2% em relação à totalidade de mosto que terá entrado na adega.

Terminada a produção de cerveja, ela é enviada para um TCF onde permanecerá até que seja dada a ordem de enchimento, ou de envio para um camião-cisterna. Cada TCF possui uma tubagem na sua base por onde a cerveja entra e sai. Quando o TCF era dado como vazio, após observação de vários TCFs reparou-se que essa tubagem, que vai desde a base do TCF até ao bloco de válvulas, ainda estaria cheia de cerveja, que iria para esgoto depois do enxaguamento com água realizado (Figura 33).



Figura 33- Tubagem dos TCFs.

Essa perda de cerveja teria uma quebra associada de 0,3% de toda a cerveja produzida.

Finalmente, analisando o processo de enchimento das cisternas (Figura 34) foi observado que as mangueiras utilizadas para o seu enchimento ficavam também cheias de cerveja no fim da operação.



Figura 34- Carregamento de Camião-cisterna com Cerveja.

A esse facto está associada uma quebra de 0,02% na produção total de cerveja.

#### 4.2.4 Síntese de Problemas Detetados

Depois da análise de identificação dos problemas no processo produtivo, todos eles vão ser sintetizados na tabela seguinte

Tabela 4- Síntese de Problemas Identificados

<b>Problema</b>	<b>Área</b>
Excesso de informação visual nos computadores de controlo	Supervisão do Processo.
Ciclos de filtração curtos.	Filtração de Cerveja.
Falta de uma técnica laboratorial que permita a medição da filtrabilidade de uma cerveja.	Filtração de Cerveja
Falta de um procedimento standardizado de calibração do medidor de extrato da linha de filtração.	Filtração de Cerveja
Diferença significativa entre peso da GR e o peso de matérias-primas descarregadas.	Matérias-primas
Perda de malte na descarga.	Matérias-primas
Resíduos presentes no malte e cevada.	Moagem.
Perda de extrato no filtro 2 elevada ( <i>drêche</i> e últimas águas)	Filtração do Mosto
Perda do <i>trub</i> do último fabrico semanal.	Decantação do Mosto.
Perda de extrato no empurro com água, do arrefecedor para a cuba.	Arrefecimento do Mosto
Rendimento de recuperação de cerveja do filtro de levedura inferior ao especificado.	Filtração de Levedura
Existência de cerveja nos TCFs, quando se encontram vazios.	Cerveja Filtrada
Perda de cerveja no enchimento de cisternas.	Cerveja Filtrada

## 5. AÇÕES DE MELHORIA

Depois de analisado o processo produtivo e identificados os problemas serão propostas neste capítulo ações que visam melhorar o processo de produção de cerveja. As ações estarão divididas em três secções: gestão visual, performance de filtração e quebras ao longo do processo.

### 5.1 Gestão Visual

Relativamente ao alarme de pedido de manutenção de válvulas verificou-se que o aparecimento sistemático desses pedidos de manutenção estava relacionado com mal funcionamento dos módulos *Think Top* (“capacete azul”) (Figura 35).



Figura 35- Válvulas Intervencionadas, com a Alteração do *Think Top*.

Este módulo está ligado ao PLC, que envia os sinais de abertura e fecho da válvula, e a partir daí regula toda a atividade da válvula e envia em tempo real as condições de funcionamento da válvula (Alfa Laval, 2013). Assim, recomenda-se a alteração dos módulos *Think Top* aquando do aparecimento de alarmes sistemáticos de pedidos de manutenção de válvulas.

De modo a resolver os alarmes mais frequentes durante uma semana, foi proposta a criação de um *Top* semanal de alarmes (Figura 36), onde eram colocados os alarmes mais frequentes em toda a área da adega no período de uma semana.

POSICÃO	ALARME	EQUIPAMENTO	ÁREA	QUANTIDADE
1	CUBA 85 - DESVIO TEMPERATURA SONDA INTERMÉDIA	ALR_CUBA085	FERMENTAÇÃO	284
2	CUBA 79 - DESVIO TEMPERATURA SONDA INTERMÉDIA	ALR_CUBA079	FERMENTAÇÃO	249
3	VALVULA SUPERIOR CUBA 16 - FALHA A ABRIR	CUBA016_VSUP	FERMENTAÇÃO	228

Figura 36- Top Semanal de Alarmes, no Quadro de Indicador de Performance na Área da Adega.

Esse top foi afixado no quadro de controlo de processo, no início de cada semana, e era discutido diariamente pelas equipas de técnicos operadores. A partir daí, através da troca de ideias de todos os intervenientes do processo era estabelecido um plano de ações para a resolução do problema (Anexo III e IV). Caso o alarme se mantivesse de uma semana para a outra, o alarme passava a estar descrito no quadro dos problemas sendo a evolução da resolução acompanhada diariamente.

## 5.2 Performance de Filtração - Filtrabilidade

De modo, a tentar melhorar a performance da etapa de filtração começaram por ser estudadas quais as razões que poderiam estar a influenciar a existência de ciclos de filtração com uma duração muito pequena. E, logicamente, isto devia-se ao facto da cerveja chegar ao filtro de KG ainda com muita matéria suspensa. Portanto, seria necessário estudar as características da cerveja antes da chegada ao filtro de KG. Assim, foi analisado o comportamento da centrífuga na remoção de células de levedura. Como ação, foram retiradas várias amostras antes e depois de a cerveja passar na centrífuga; ao longo do tempo entre descargas da câmara de sólidos e um caudal máximo de filtração.



Em seguida, era necessário criar um modelo para medição da performance de filtração, que fosse condizente com o comportamento da cerveja no filtro de KG. Aí, após alguma pesquisa, recorreu-se a um método aconselhado pela *European Brewery Convention* (EBC).

O método consistia em determinar laboratorialmente o volume de cerveja necessária para colmatar uma membrana com poros de 0,45 µm. Deste modo, com a cerveja que se pretendia analisar mediam-se diferentes volumes de cerveja e contabilizava-se o tempo que ela ia demorar a atravessar a membrana na sua totalidade. Com os diferentes volumes e os tempos, traçar-se-ia uma reta, onde a partir do declive se calculará o valor de filtrabilidade:

$$t/V = A \cdot t + B \text{ (Eq.2)}$$

Onde, t corresponde ao tempo que determinado volume demorou a atravessar a membrana; V ao volume de cerveja utilizado e A e B são o declive e ordenada na origem, respetivamente.

$$V = \frac{1}{(A+B/t)} \text{ onde, } V_{max} = 1/A \text{ (Eq. 3)}$$

$V_{m\acute{a}x}$  corresponde ao volume de cerveja necessário para colmatar a membrana de 0,45 µm, laboratorialmente. Na figura 37 está presente todo o material necessário para a realização deste método. Um  $V_{m\acute{a}x}$  superior a 300 mL indica uma cerveja com uma boa capacidade de filtração,  $V_{m\acute{a}x}$  entre 80 e 300 mL a cerveja apresenta uma filtrabilidade intermédia, enquanto que inferior a 80 mL considera-se uma cerveja com má filtrabilidade.



Figura 37- Material Necessário para a Realização do Método EBC.

Finalmente, foi realizado um Procedimento Operacional Standard (POS) (Figura 38 – POS completo no Anexo V) que permite a calibração do medidor de extrato (*Anton Paar*) na linha filtração 2.






Procedimento Operacional Standard			Centro de Produção: Leça do Balio 	
Departamento: Produção	Área: Adega	Categoria: Máq./Oper.	Equipamento: Anton Paar mPDS 2000 v3	
<b>Calibração do Anton Paar, em linha, da Linha de Filtração 2</b>			Pág. 1 de 2:	Data emissão: 09.04.2013
1 – Recolher amostra, em linha, à saída do filtro. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar o valor de extrato antes da recolha e esperar que o valor estabilize.</li> <li>• Recolher a amostra.</li> <li>• Anotar o valor de extrato no momento da recolha.</li> </ul>				
2 – Ler valor de extrato no Anton Paar do laboratório. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcular a diferença entre os valores de extrato dos 2 Anton Paar.</li> </ul>				
3 – Abrir o menu de opções. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pressionar a tecla E.</li> </ul>				
4 – Abrir o menu «Prod-Spec» <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pressionar a tecla "▶"</li> <li>• Pressionar a tecla E.</li> </ul>				
<b>Documentos relacionados:</b>				
<b>Nº documento</b>	<b>Formação sobre o POS</b>	Data:		
POSLBPR005		por:		
		para:		

Figura 38- POS para Calibração do Medidor de Extrato da Linha de Filtração 2.

Essa tarefa deve ser realizada sempre que se verificasse uma diferença significativa entre o valor de extrato medido em TCF com o valor medido em linha.

### 5.3 Quebras no Processo Produtivo

De modo, a tentar minimizar algumas das quebras existentes no processo produtivo vão ser propostas as seguintes ações de melhoria.

Relativamente, à diferença verificada entre os valores da guia de remessa e a quantidade efetivamente descarregada de matérias-primas recomenda-se que o pagamento das guias de remessa seja realizado a partir da diferença de peso obtida na balança báscula da portaria. Sendo, a balança calibrada por uma entidade do Ministério da Economia existe viabilidade legal para a execução desta medida.

Quanto ao problema detetado na descarga de matérias-primas já está a decorrer um melhoramento da configuração dos tegões de descarga, com criação de mangas que se irão ligar aos camiões, de modo a evitar que as matérias-primas não entrem no respetivo tegão de descarga.

Em relação à não reutilização do *trub* do último fabrico da semana, quando se trata de um mosto que não possua cor, propôs-se que se mantenha o *trub* dentro do tanque de armazenamento (pião) até que comece o primeiro fabrico após a limpeza semanal, e se introduza nesse fabrico o *trub*. Em seguida, mal o *trub* passe na sua totalidade para a caldeira de empastagem dar-se-ia início à limpeza semanal do pião. O programa de limpeza ao pião tem duração de 40 minutos, tempo suficiente para que o mosto que se encontra no filtro não chegue ao decantador.

Em relação à cerveja presente nas tubagens no momento em que termina o envio de cerveja de um TCF para uma linha de enchimento, e este já se encontra vazio. Foi proposta a suspensão do enxaguamento do TCF, entre o fim e enchimento dos TCFs e quando os tipos de cerveja utilizados forem compatíveis. Assim a cerveja mantém-se nas tubagens, não indo para esgoto como enxaguamento. De mencionar, ainda, que a cerveja, em TCF, tem uma validade de três dias, se a cerveja se mantiver mais de três nas tubagens deverá ser rejeitada.



## 6. RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados de propostas de melhoria e o estudo do acompanhamento da filtrabilidade da cerveja.

### 6.1 Gestão Visual

A alteração dos módulos *Think Top* de um conjunto de válvulas verificou-se como sendo uma medida eficaz no desaparecimento dos alarmes sistemáticos de pedido de manutenção. Esta medida permitiu o desaparecimento de 504 alarmes todos os meses.

Através da criação do Top semanal de alarmes conseguiu-se resolver 9 problemas, durante 10 semanas. Todos esses problemas nesse espaço de tempo geraram mais de 3000 alarmes no sistema de supervisão.

### 6.2 Performance de Filtração – Filtrabilidade

Foram retiradas amostras de cerveja antes da entrada no filtro de KG. Foram realizados ensaios para os tipos de cerveja Super Bock, Cristal e Carlsberg.

No caso da cerveja Super Bock o  $V_{\max}$  médio obtido foi de 54,8 mL. Em relação à cerveja Cristal foram analisadas 2 amostras e comprovou-se que apresenta um comportamento muito semelhante à cerveja Super Bock, com o  $V_{\max}$  médio de 57,4 mL.

Relativamente à cerveja Carlsberg, apresenta a melhor filtrabilidade das três cervejas analisadas, com  $V_{\max}$  médio de 221,6 mL.

Tabela 5- Resultados de filtrabilidade dos três tipos de cerveja (em mililitros)

Super Bock			Cristal			Carlsberg		
$V_{\max}$ máx.	$V_{\max}$ mín.	$V_{\max}$ médio	$V_{\max}$ máx.	$V_{\max}$ mín.	$V_{\max}$ médio	$V_{\max}$ máx.	$V_{\max}$ mín.	$V_{\max}$ médio
86,6	38,2	54,8	57,7	57,1	57,4	277,8	190,6	213,1

Finalmente, foram comparadas graficamente os valores médios de  $V_{\max}$  das três cervejas (Figura 39).

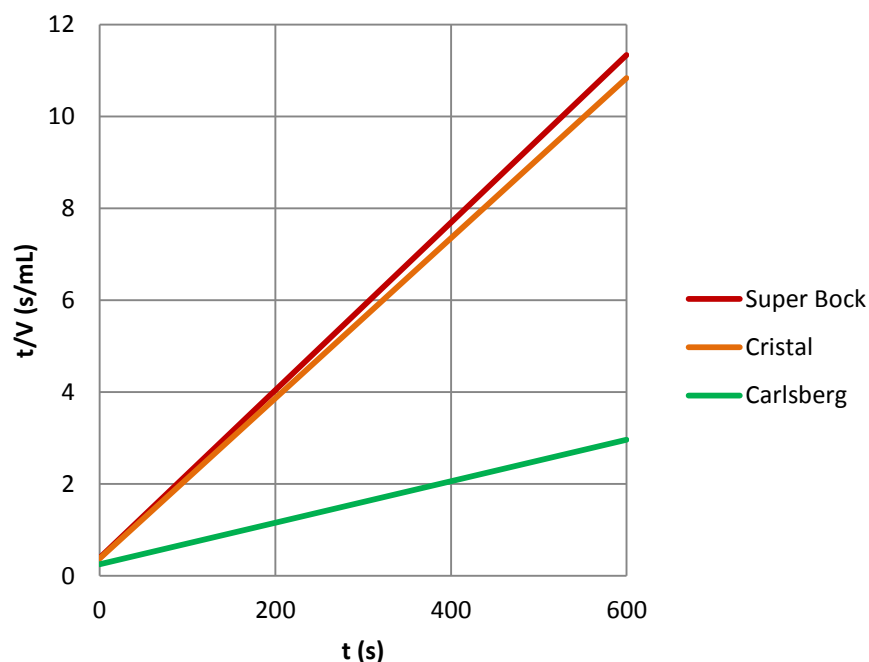


Figura 39- Comparação Gráfica entre a Filtrabilidade dos Três Tipos de Cerveja.

Assim, a filtrabilidade das cervejas Super Bock e Cristal são muito semelhantes, enquanto a da cerveja Carlsberg é bastante superior, necessitando de um volume de cerveja muito superior para colmatar o filtro, a nível industrial, ou a membrana, no laboratório.

A realização deste procedimento experimental permitiu que se identificassem vários tipos de filtrabilidade para diferentes tipos de cerveja e permitiu que a análise à filtrabilidade da cerveja tivesse passado de uma análise qualitativa, para uma análise quantitativa mais rigorosa.

### 6.3 Quebras no Processo Produtivo

De modo a minimizar, ou até mesmo evitar, algumas quebras no processo produtivo foram propostas algumas ações de melhoria. Neste capítulo serão apresentados os impactos monetários que elas poderão ter. Os cálculos realizados estão presentes no Anexo VII.

Relativamente ao pagamento das guias de remessa a partir da diferença de entre o peso da balança báscula à entrada e saída da fábrica isso poderia significar uma poupança anual de 30000 €, pois assim a empresa apenas pagaria o que efetivamente foi descarregado e não com o que teoricamente estaria no camião.

Quanto ao melhoramento já planeado da configuração dos tegões de descarga, essa medida permitirá evitar a perda de cerca 20 toneladas de malte por ano, em termos monetário corresponde a cerca de 8000 €.

Apesar de não ter sido proposta nenhuma ação de melhoria, existe em relação aos resíduos presentes no malte um pequeno fator de perda no processo. Anualmente estima-se que se perda o equivalente a 2 toneladas de malte por ano, estando um custo associado de quase 1000 €.

A perda de 1,4 % de extrato na etapa de filtração equivale, em quantidade de extrato, a cerca de 3,5 milhões de litros de mosto. Monetariamente, tem um impacto de 370000 € na produção anual total de cerveja. Partindo do princípio que se conseguiria otimizar as condições de funcionamento do filtro 2, de modo que tenha um comportamento semelhante aos do filtro 1, a quebra de extrato desceria dos 1,4% para 1,1%. Esta redução de 0,3% permitiria uma poupança de quase 80000 €.

O envio de *trub* do último fabrico da semana para esgoto tem um impacto de 0,1% na produção semanal. Em quantidade de extrato, esta perda equivale-se a cerca de 260000 L de mosto por ano, com um custo associado de 28000 €. Assim, com a ação implementada será este o ganho anual que empresa terá com a medida.

Foi analisada também a água presente na mangueira, desde saída do arrefecedor de mosto até à cuba de fermentação, para verificar a existência de algum extrato na água. Verificou-se que o extrato presente na água era ínfimo.

Em relação, ao funcionamento do filtro de levedura verificou-se que não está a ter o melhor desempenho. Em vez do rendimento esperado de 75%, grande maioria das vezes está a operar entre 50 e 55% de rendimento. Esta diferença provoca uma quebra, em termos de extrato, de 1,1%. A quantidade de extrato perdida, anualmente, corresponde a cerca de 2,1 milhões de litros de cerveja já em fermentação. Monetariamente tem um valor de 230000 €. Conseguindo melhorar o rendimento de funcionamento para o valor suposto conseguir-se-ia reduzir a quebra de extrato de 1,1 para 0,6% e reduzindo a perda anual de 230000 € para 130000 €.

Quando um TCF chegava ao fim, depois do envio para as linhas de enchimento, deparou-se que as tubagens que vão desde o bloco de válvulas até ao fundo do TCF ainda se encontravam cheias de cerveja. Essa cerveja iria para esgoto no momento do enxaguamento dos TCFs. Assim, decidiu-se suspender o enxaguamento ao TCF, entre cervejas compatíveis. Inicialmente, suspendeu-se, de forma controlada, o enxaguamento de um TCF, retirando amostras nas linhas de enchimento de forma a averiguar se teria havido algum impacto na qualidade da cerveja, tal não se verificou. Esta medida permitiu, inicialmente, uma poupança de água e em seguida evitar uma perda de cerveja. Financeiramente, a poupança anual em água traduz-se em 20000 € e o ganho de cerveja em 50000 €.

Na tabela seguinte são apresentados os ganhos que cada medida terá, sendo obtido um ganho total de 316000 €.

Tabela 6- Síntese das Ações de Melhoria Relativas às Quebras de Produção e, respetivos, Ganhos

Problema	Ação	Ganho monetário (anual)
Diferença significativa entre peso da GR e o peso de matérias-primas descarregadas.	Pagamento das GR, a partir da diferença entre os pesos obtidos na báscula da portaria.	30000 €
Perda de malte na descarga.	Melhoramento do tegão de descarga de malta (em curso).	8000 €
Perda de extrato no filtro 2 elevada ( <i>drêche</i> e últimas águas)	Otimização do programa de filtração do mosto e acompanhamento, através de recolha de amostras. (em curso)	80000 €
Perda do <i>trub</i> do último fabrico semanal.	Reutilização do <i>trub</i> no primeiro fabrico da semana seguinte, a partir do adiamento da limpeza do pião.	28000 €
Rendimento de recuperação de cerveja do filtro de levedura inferior ao especificado	Otimização do programa de filtração e tentar ajustar o envio de levedura, misturando levedura de 1.ª e 2.ª purga.	100000 €
Existência de cerveja nos TCFs, quando se encontram vazios.	Realização apenas a lavagem do TCF de 5 em 5 dias, evitando o seu enxaguamento sempre que se encontrava vazio.	70000 €
Total		316000 €



## 7. CONCLUSÕES

### 7.1 Considerações Finais

O objetivo desta dissertação passava pela aplicação de conceitos da filosofia *Lean*, de modo a otimizar um processo já vastamente conhecido e estudado, como é o caso da produção de cerveja.

Inicialmente, os objetivos passavam pela implementação de metodologias de gestão visual de forma a definir um sistema capaz de racionalizar a informação visual gerada na supervisão do processo. Nesta fase do trabalho, verificou-se que haveria muita dificuldade em implementar um sistema que fosse realmente eficaz na redução do número notificações no processo, pois devido à constante instalação de novos equipamentos, o sistema de controlo estava continuamente a detetar anomalias em equipamentos, sendo muito complicado criar um indicador capaz de monitorizar a implementação da metodologia. Assim, em vez de tentar implementar um sistema que conseguisse ter uma resposta geral ao problema, decidiu-se avançar com a resolução de alguns problemas mais específicos, como foi o caso da análise às válvulas da sala de Cerveja Filtrada. Isto não resolveu o problema de raiz no entanto minimizou-o e permitiu uma maior sensibilização por parte dos operadores técnicos para toda a informação visual presente nos computadores de controlo.

Relativamente à etapa de filtração da cerveja, foi necessário realizar um estudo exaustivo para determinar a causa da rápida colmatação do filtro de KG. Esse estudo foi inconclusivo, no entanto revelou uma hipótese de melhoria a partir da criação de um procedimento laboratorial capaz de quantificar a performance de filtração da cerveja. Esse procedimento mostrou-se bastante condizente com o comportamento da cerveja no filtro de KG. Foi também analisado o problema da baixa eficácia da centrífuga, sendo entregue a resolução do problema à responsável da área da adega. Também a criação de um POS permitiu que a tarefa de calibração do medidor de extrato em linha se tornasse normalizada e eficaz.

A partir da realização de um VSM foram identificadas todas as etapas do processo produtivo, bem como conhecido todo o fluxo de materiais no processo. Assim foi possível realizar simples ações de melhoria mas que terão um impacto enorme no aumento da viabilidade económica do processo. Nesta fase do trabalho atingiu-se todos os objetivos que tinham sido propostos.

Pôde-se ainda verificar que o ambiente no seio da empresa era muito bom, sentindo-se o espírito *Lean* já muito entrosado nas pessoas.

## 7.2 Recomendações Futuras

Como recomendação futura, uma forma de melhorar sistema de visualização do processo seria criar um grau de priorização de acordo com a severidade da anomalia no processo. Desta forma operador teria maior facilidade na deteção do problema e assim, realizar as ações necessárias de uma forma mais célere. Recomenda-se, também, a criação de um plano de revisão de válvulas, anual ou semestral, consoante o grau de utilização das válvulas.

Relativamente à análise da filtrabilidade da cerveja concluiu-se que a cerveja Super Bock apresenta um baixo valor de filtrabilidade devido à existência de partículas muito finas ( $<1 \mu\text{m}$ ). A cerveja Cristal apresenta uma filtrabilidade muito semelhante à cerveja Super Bock. E a cerveja Carlsberg apresenta o melhor valor de filtrabilidade em relação às três cervejas analisadas. A distribuição da dimensão das partículas da cerveja Carlsberg compreende valores entre 1 e  $10 \mu\text{m}$ . Como recomendação futura, a criação de histórico de valores de filtrabilidade e desenvolver o método para que seja possível realizá-lo antes da cerveja entrar na linha de filtração e assim tomar as ações necessárias para melhorar o ciclo de filtração.

No caso da filtração do mosto, como mencionado, o filtro 2 apresenta um extrato solúvel quase duas vezes maior que o apresentado no filtro 1. Deste modo recomenda-se o acompanhamento regular do extrato solúvel presente na drêche. Em relação ao extrato presente na matéria recomenda-se a recolha de amostras mensais de drêche e, em laboratório, determinar o seu extrato para calcular a eficiência da brassagem.

No envio de mosto para as cubas de fermentação, o empurro final de mosto é realizado com água. Apesar de no momento da recolha da amostra o extrato presente na água ser praticamente impercetível, recomenda-se a utilização abundante de água para realizar este empurro.

Quanto ao funcionamento do filtro de levedura, recomenda-se que se realize uma otimização do programa de filtração da levedura e evitar enviar para os tanques de levedura proveniente de 2.<sup>a</sup>s purgas, e assim tentar juntar nos tanques de levedura uma mistura entre levedura de 1.<sup>a</sup> e 2.<sup>a</sup> purga.

Estas recomendações poderão ter um impacto monetário de 180000€, caso se consiga um comportamento próximo de ideal do equipamento de filtração do mosto e de levedura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfa Laval (2013) Instruction Manual, Kolding, Denmark.
- Alves, A. C., Leão, C. P., & Maia, L. C. (2012). *Implementar o modelo de produção Lean na ITV: porquê e como?*, Nova Têxtil99, 2012.
- Bamforth, C. (2003). *Beer: tap into the art and science of brewing*. Oxford University Press.
- Boulton, C. M., & Quain, D. (2008). *Brewing yeast and fermentation*. Wiley. com.
- Cabrita, J., Guerra, M., Leão, J., Maria, M., & Martins, M. (1985). *Curso de Produção de Cerveja*. Leça do Balio, Portugal: Unicer, E.P.
- Deming, W.E. (1986). *Out of the Crisis*. MIT Press. Cambridge, USA.
- Filtrox AG (2000) *Successful Expansion of the Beer recovery Plant at Bavaria NV, Lieshout NL, Switzerland*.
- Hall, R. W. (1987). *Attaining manufacturing excellence: just-in-time, total quality, total people involvement*. Dow Jones-Irwin Homewood, IL,, USA.
- Kemperink, J., Broens, L., Meijer, D., Mepschen, A., & Schuurman, R. (2006) *Norit Kieselghur-Free Beer Membrane Filtration: An Update*, Norit Technology, the Netherlands.
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way*: New York, New York: McGraw-Hill.
- Martins, C. (2000) *O que é o ciclo PDCA?* (Blog), <http://crmcarmartins.blogspot.pt/2010/12/o-que-e-o-ciclo-pdca.html>, Consultado a 31 de Outubro de 2013.
- Monden, Y. (1998). *The Toyota Production System: An integrated approach to Just-in-time*: Norcross Eng, Management Press.
- Nogueira, M. A. A. (2010). *Implementação da gestão da produção Lean: estudo de caso*, Tese de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, 2010
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. Productivity press.
- Portaria n.º 1/96. DR 2/96 SÉRIE I-B de 1996-01-03
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to See: Value-Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda: Version 1.3 June 2003*. Lean Enterprise Institute.
- Shingo, S. (1981). *Study of Toyota Production System from Industrial Engineering View-Point*, "Japan Management Association", Portland, Oregon, Productivity Press.
- Silveira, C.B. (2012), *Andon* (Blog), <http://www.citisystems.com.br/andon/>, Consultado a 31 de Outubro de 2013.

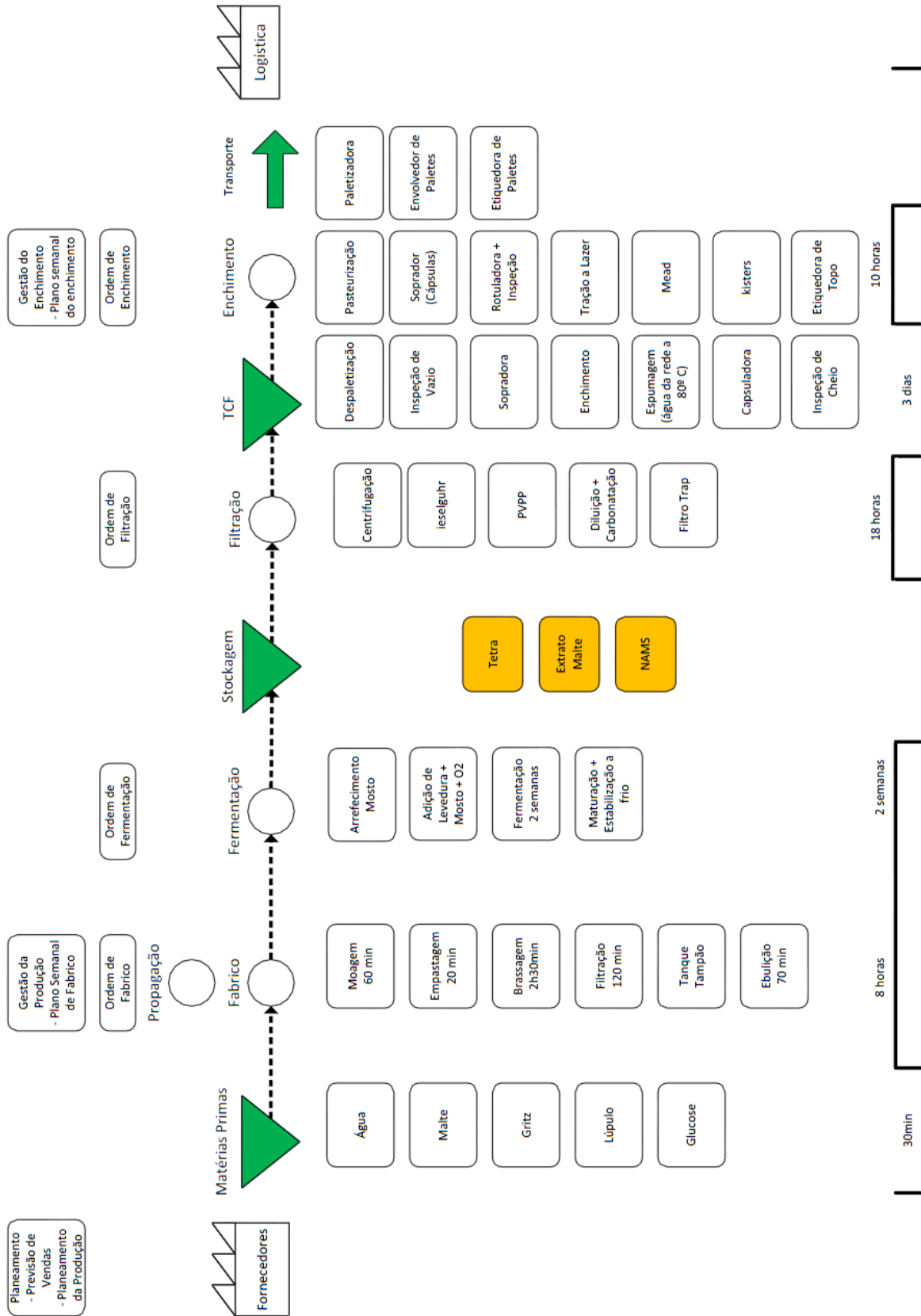
Smalley, A (2005), *Standardized Work and Works Standards - 4th Session*, Art of Lean

Unicer. (2013), <http://www.unicer.pt/gca/index.php?id=209>, Consultado a 31 de Outubro de 2013

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your organisation*. Rawson Associates, New York.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production: How Japan's Secret Weapon in the Global Auto Wars Will Revolutionize Western Industry*. New York, NY: Rawson Associates.

# ANEXO I – VSM DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CERVEJA





**ANEXO III – TABELA COM O TOP SEMANAL DE ALARMES**






TOP SEMANAL DE ALARMES - W				
POSIÇÃO	ALARME	EQUIPAMENTO	ÁREA	QUANTIDADE
1				
2				
3				


## ANEXO IV – AÇÕES REALIZADAS APÓS DISCUSSÃO SEMANAL DOS ALARMES MAIS FREQUENTES

Semana	Alarme	Causa	Ação
18-20	Detetor de nível linha CO2 atmosfera	Sempre que o nível de espuma subia, na linha de recuperação de CO2 da fermentação, atuava uma sonda que dava sinal de alarme.	Remoção do sinal de alarme, passando para um sinal de aviso por ter um grau de severidade baixo.
18-20	Válvula superior Cuba 74 - Falha a fechar	O atuador da válvula devido à sujidade ou avaria bloqueava impedindo o fecho da válvula.	Remoção do atuador, limpeza da área envolvente e colocação de novo do atuador.
21	Válvula inferior Cuba 45 - Falha a abrir	O atuador da válvula devido à sujidade ou avaria bloqueava impedindo a abertura da válvula.	Remoção do atuador, limpeza da área envolvente e colocação de novo do atuador.
21	Válvula Saída Linha Barris para Beer Drive - Falha a Fechar	Erro na instalação da válvula.	Correção.
22	Defeito na válvula BSL12AV20	Erro na instalação da válvula.	Correção.
22	Válvula Linha Receção de Levedura para o tanque de Stockagem - Falha a fechar	-	Por ser um equipamento de uma área da adega que foi remodelada recentemente foi entregue a resolução do problema ao Departamento de Engenharia.
22	Válvula Superior Cuba 16 - Falha a abrir	O atuador da válvula devido à sujidade ou avaria bloqueava impedindo a abertura da válvula.	Remoção do atuador, limpeza da área envolvente e colocação de novo do atuador.
24	Válvulas de entrada de cerveja recuperada para os TR 01 e 02, na filtração de levedura.	As duas válvulas, durante o processo de limpeza, saíam do fim-de-curso de fechado.	Programação das válvulas.
29	Válvula Superior Cuba 3 - Falha a Abrir	O atuador da válvula devido à sujidade ou avaria bloqueava impedindo a abertura da válvula.	Remoção do atuador, limpeza da área envolvente e colocação de novo do atuador.



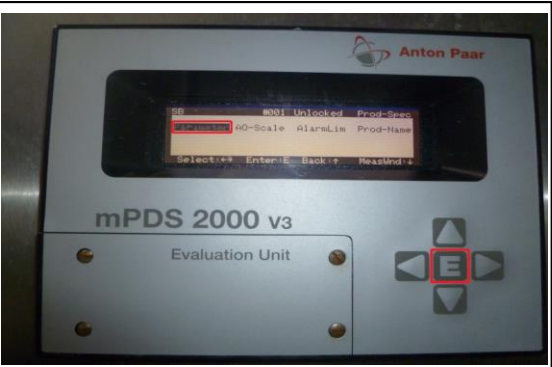
## ANEXO V – POS PARA CALIBRAÇÃO DE ANTON PAAR, EM LINHA, DA LINHA DE FILTRAÇÃO 2 (FRENTE E VERSO)

<b>Procedimento Operacional Standard</b>			Centro de Produção: Leça do Balio																	
Departamento: Produção	Área: Adega	Categoria: Máq./Oper.	Equipamento: Anton Paar mPDS 2000 v3																	
<b>Calibração do Anton Paar, em linha, da Linha de Filtração 2</b>			Pág. 1 de 2:	Data emissão: 09.04.2013																
<p>1 – Recolher amostra, em linha, à saída do filtro.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar o valor de extrato antes da recolha e esperar que o valor estabilize.</li> <li>• Recolher a amostra.</li> <li>• Anotar o valor de extrato no momento da recolha.</li> </ul>																				
<p>2 – Ler valor de extrato no Anton Paar do laboratório.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcular a diferença entre os valores de extrato dos 2 Anton Paar.</li> </ul>																				
<p>3 – Abrir o menu de opções.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pressionar a tecla <b>E</b>.</li> </ul>																				
<p>4 – Abrir o menu «Prod-Spec»</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pressionar a tecla "▶"</li> <li>• Pressionar a tecla <b>E</b>.</li> </ul>																				
<b>Documentos relacionados:</b>																				
Nº documento	Formação sobre o POS	Data:																		
POSLBPR005		por:																		
		para:																		

<b>Procedimento Operacional Standard</b>			Centro de Produção: Leça do Balio	
Departamento: Produção	Área: Adega	Categoria: Máq./Oper.	Equipamento: Anton Paar mPDS 2000 v3	
<b>Calibração do Anton Paar, em linha, da Linha de Filtração 2</b>			Pág. 2 de 2:	Data emissão: 09.04.2013

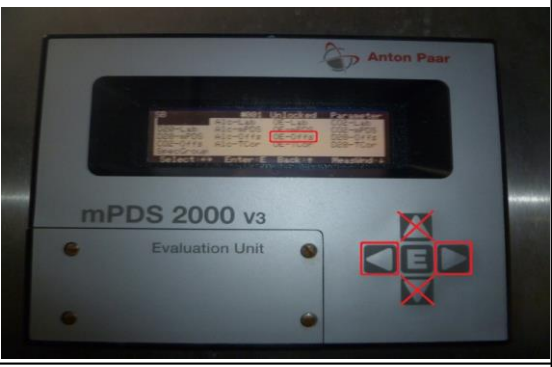
5 – Abrir o menu «Parameter»

- Pressionar a tecla **E**.



6 – Abrir a opção de ajuste «OE-Offs»

- Pressionar as teclas ► ou ◀, até chegar à opção "OE-Offs".
- Pressionar tecla **E**.
- **Aviso:** Não usar as teclas ▲ e ▼.



7 – Ajustar o valor de extrato.

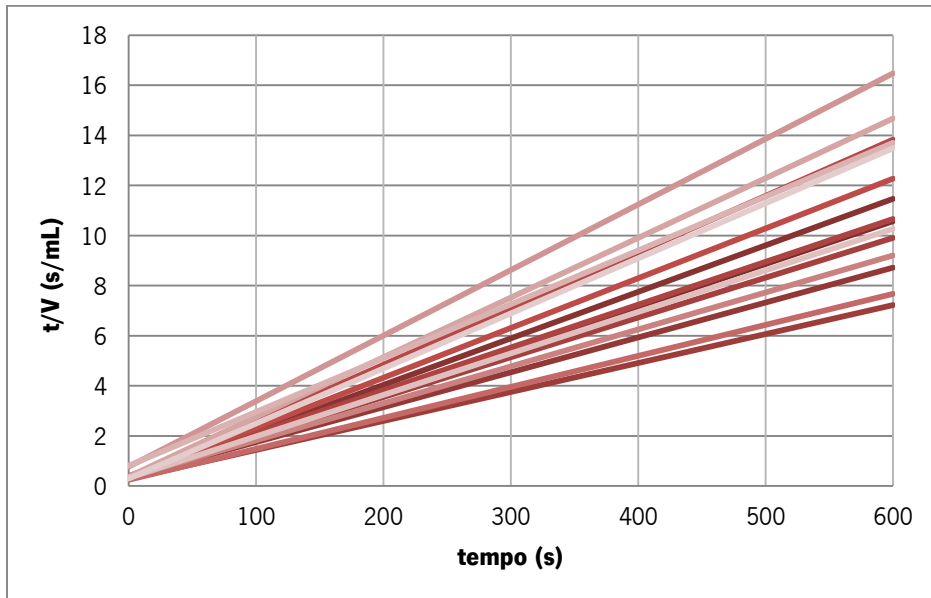
- Pressionar a tecla **E** na opção «Edit».
- Ajustar o tipo de ajuste, positivo ou negativo, com as teclas ▲ ou ▼.
- Ajustar o valor com a diferença obtido no Anton Paar do laboratório, com as teclas ▲ ou ▼.
- Pressionar a tecla **E**.
- Pressionar a tecla **E** na opção «Save».



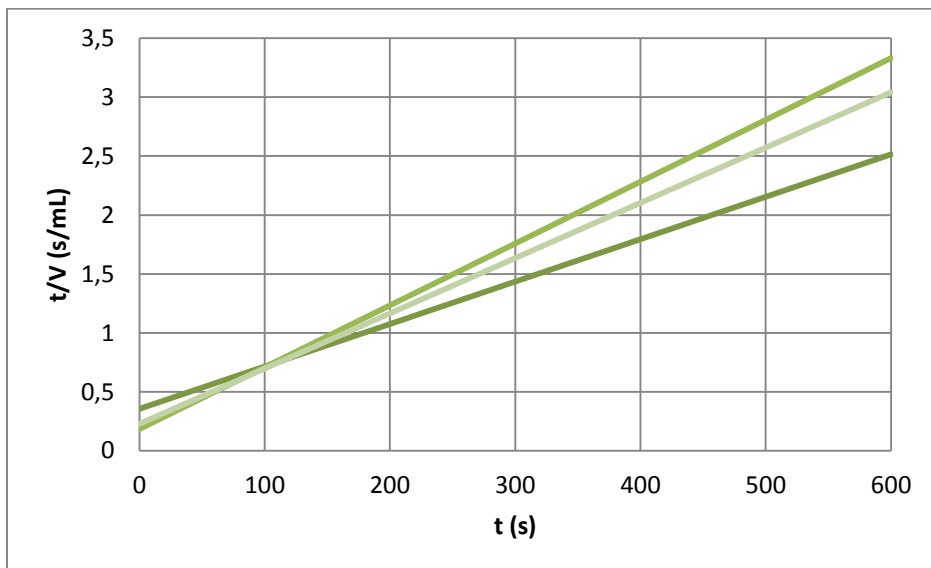
<b>Documentos relacionados:</b>												
Nº documento POSLBPR005	Formação sobre o POS	Data:										
		por:										
		para:										

## ANEXO VI RESULTADOS DE FILTRABILIDADE

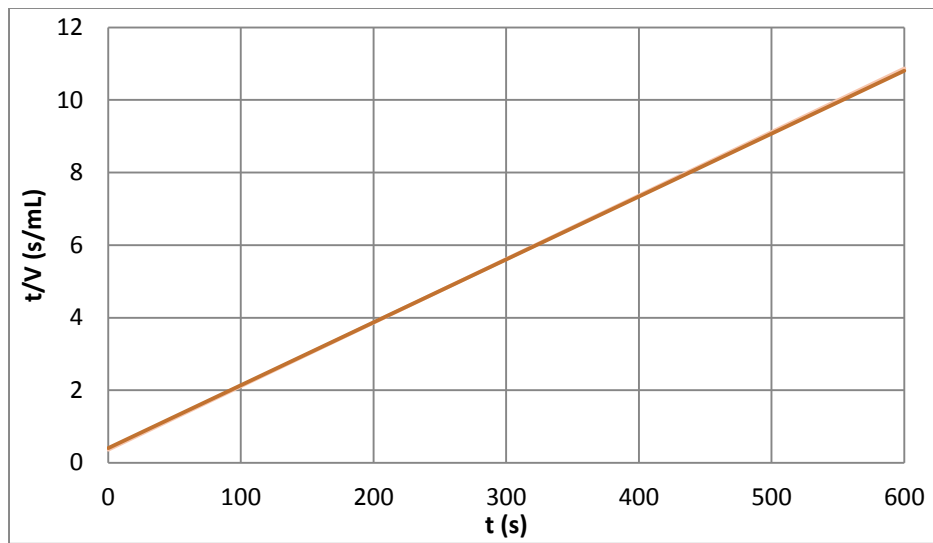
### Análise à Filtrabilidade da Cerveja Super Bock



### Análise à Filtrabilidade da cerveja Carlsberg



## Análise à Filtrabilidade da Cerveja Cristal



## ANEXO VII CÁLCULOS DAS QUEBRAS DE PRODUÇÃO

### Comparação entre o peso GR e peso-báscula

<b>Malte</b>				
Fornecedor	Peso GR (kg)	Peso báscula (kg)	Diferença	Perda
A	9199770	9183050	-16720	-0,182%
B	1153000	1150500	-2500	-0,217%

<b>Gritz de Milho</b>				
Fornecedor	Peso GR (kg)	Peso báscula (kg)	Diferença	Perda
C	2599480	2597160	-2320	-0,089%
D	992200	989000	-3200	-0,323%

<b>Cevada</b>				
Fornecedor	Peso GR (kg)	Peso báscula (kg)	Diferença	Perda
E	960670	959260	-1410	-0,147%
F	52040	52060	20	0,038%

<b>Glucose</b>				
Fornecedor	Peso GR (kg)	Peso báscula (kg)	Diferença	Perda
G	520500	519240	-1260	-0,242%
H	294940	294040	-900	-0,305%

### Cálculo de Perda de Malte na Descarga

Malte descarregado	67180 kg
Malte perdido	52,7 kg
Perda	0,078%

### Cálculo de Perda nos Resíduos do Malte

Malte pesado	324879 kg
Resíduos	22,7 kg
% perda	0,007%

## Cálculo da Perda Associada à *drêche*

	<b>Filtro 1</b>	<b>Filtro 2</b>	<b>Média (2 Filtros)</b>
<b>Matéria-Seca</b>	29%	31,5%	30%
<b>Extrato Solúvel</b>	1,85g/100mL	2,90g/100mL	2,27g/100mL

<b>Drêche produzida (mês Junho)</b>	3808380 kg
<b>Extrato presente na componente líquida</b>	2665866 kg
<b>Extrato presente na componente sólida</b>	1142514 kg

<b>Quantidade de extrato solúvel (mês Junho) – fase líquida</b>	47986 kg
<b>Assumindo 0,8 °P na drêche (extrato que não foi extraído na brassagem) - fase sólida</b>	9140 kg
<b>TOTAL Extrato perdido</b>	57126 kg

<b>Dados relativos ao mês de Junho</b>	
Extrato total presente no malte	3173174 kg
Extrato total presente no griz de milho	972641 kg
Extrato total presente na Cevada	177600 kg
Total	4323415 kg
Perda (relativa ao extrato perdido na drêche)	1.33%

## Cálculo da Perda Associada ao Envio do *trub* do Último Fabrico Semanal para Esgoto

<b>Produção mosto 2012</b>	6702800 L
<b>Trub / semana</b>	6000 L
<b>Sendo 90% mosto</b>	5400 L
<b>Mosto enviado para esgoto</b>	280800 L
<b>Perda</b>	0,090%

### **Cálculo da Perda Associada ao Filtro de Levedura**

<b>Cerveja contida na levedura vendida (testes no lab)</b>	45 %
<b>Extracto da cerveja (°P)</b>	15,5
<b>Perda</b>	1,1%

### **Cálculo da Perda Associada à Cerveja Presente nas Tubagens dos TCFs**

<b>Perda de cerveja na tubagem (aprox.)</b>	200 L
<b>Perda de Cerveja no cone do TCF (1cm acima da sonda de nível mínimo)</b>	196 L
<b>Margem de erro</b>	10 %
<b>Perda de cerveja por TCF</b>	357 L
<b>Nº de TCF's cheios no mês de Junho</b>	217 L
<b>Perda total nos TCFs Junho</b>	77407 L
<b>Perda total nos TCFs Junho (em massa de extrato)</b>	8762 kg
<b>Perda face ao volume de mosto que entrou na adega em Junho</b>	0,3%