

Mestrado Integrado em Engenharia Química

Optimização da Etapa de Filtração - Turvação Total, Regeneração do PVPP e Teor em SO₂

Tese de Mestrado

desenvolvida no âmbito da disciplina de
Projecto de Desenvolvimento em Ambiente Empresarial

Cristiana Rosa Teixeira Rocha



Unicer Cervejas, S.A



Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia

FEUP

Departamento de Engenharia Química

Orientador na FEUP: Prof. Adélio Mendes

Orientador na empresa: Eng.^a Maria-Manuel Dantas

Julho de 2008

Agradecimentos

Quero agradecer ao Professor Adélio Mendes pela orientação, disponibilidade e crítica demonstrada ao longo do projecto.

Quero Agradecer à Eng.^a Maria Manuel Dantas pela orientação, disponibilidade, apoio e incentivo durante todo o projecto.

Agradeço ainda, à Eng.^a Joana pelo apoio, incentivo e pela ajuda na compreensão do processo de produção da cerveja, assim como ao Dr. Filipe Nogueira, a ambos pelo apoio na integração na Unicer, pela companhia, contribuindo para um bom ambiente de trabalho, à D. Fátima e à D. Isabel.

Agradeço a todos os técnicos e responsáveis do Serviço de Produção, pelo apoio na compreensão e dúvidas esclarecidas durante a realização deste projecto, sem os quais não era possível a realização deste.

Agradeço aos analistas do laboratório de controlo de qualidade pela ajuda prestada na análise dos parâmetros estudados ao longo do projecto, assim como a ajuda na aprendizagem de alguns métodos de análise.

Quero agradecer, em especial, à minha família e amigos pelo apoio que sempre demonstraram.

De um modo geral, gostaria de agradecer a todos aqueles que de certa forma ajudaram na realização deste projecto.

Resumo

Este projecto foi desenvolvido na empresa Unicer Bebidas, S.A, no Centro de Produção de Cerveja de Leça do Balio, tendo como objectivo a melhoria da turvação total na Super Bock, a optimização da regeneração do PVPP e a regularização do teor de SO₂ da cerveja.

Estudaram-se os parâmetros principais que influenciam a turvação total numa cerveja. Concluiu-se que a sorção dos polifenóis no filtro PVPP não ocorria de acordo com o previsto. Verificou-se que a concentração da solução aquosa de NaOH usada na regeneração do PVPP tinha uma concentração muito inferior à de referência, em cerca de 50 % a 70 % em massa. Decidiu-se desta forma corrigir a concentração de soda no tanque de alimentação. Por outro lado, conclui-se ser necessário aumentar a concentração do tanque de alimentação de PVPP, de forma a diminuir a turvação total da cerveja. A reutilização do PVPP foi optimizada, eliminando as perdas identificadas. No final destas alterações, verificou-se que a turvação total da cerveja passou a estar dentro dos limites de qualidade pretendidos.

A regularização do teor em SO₂ da cerveja foi efectuada corrigindo a forma como é feita a análise de qualidade e o local de adição de KMS (metabissulfito de potássio) - usado para aumentar a concentração de SO₂ da cerveja. Desta forma foi possível obter um controlo mais rigoroso da concentração em SO₂ e um maior controlo na sua correcção.

Todas as recomendações deste projecto de desenvolvimento foram implementadas em fábrica, traduzindo a importância do trabalho realizado e das suas conclusões.

Palavras-chave: cerveja, turvação total, filtro de PVPP, regeneração do PVPP, dióxido de enxofre (SO₂)

Abstract

This project was developed at Unicer Bebidas, S.A., a major beverage company, in the Leça of the Balio site, targeting the improvement of Super Bock beer haze, the optimal regeneration of the PVPP and beer SO₂ content.

It was studied of the principal parameters that influence the beer haze. It was concluded that the adsorption of the polyphenols in the PVPP filter was not following the expected path. One checked that the concentration of the aqueous solution of NaOH used in the regeneration of the PVPP had a much smaller concentration than it was supposed to, less around 50 % to 70 % in mass. It was then decided to correct the concentration of soda at the feed container. On the other hand, it was concluded to increase the concentration of PVPP at the PVPP feed tank aiming to reduce the beer haze.

The reuse cycle of the PVPP was optimized, removing the identified losses. After implementing these improvements one checked that the total perturbation of the beer and concluded to be inside the specified limits.

The regularization of the SO₂ content in the beer was accomplished correcting the way the quality analysis was performed and the location of KMS addition (potassium metabisulfite) - used to increase the concentration of SO₂ in the beer. It was then possible to obtain a more rigorous control of the SO₂ concentration and a better control.

All the recommendations of this project were implemented in factory. This self-explains the importance of the project for the company and the quality of the results and conclusions obtained.

Key words: beer, beer haze, PVPP filter, regeneration of the PVPP, SO₂

Índice

Índice	i
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento e Apresentação do Projecto	
1.1.1 Matérias - primas	1
1.1.2 Fabrico do mosto	2
1.1.3 Fermentação, maturação e estabilização a frio	3
1.1.4 Clarificação da cerveja	4
1.1.5 Enchimento	4
1.1.6 Controlo de qualidade	4
1.2 Contributos do Trabalho.....	5
1.2.1 Turvação Total	5
1.2.2 Dióxido de Enxofre	6
2 Estado da Arte	7
2.1. Etapa de filtração na fábrica.....	9
3 Apresentação e Discussão dos Resultados	12
3.1 Optimização da etapa de filtração - Melhoria da turvação total e regeneração do PVPP.....	12
3.2 Optimização da etapa de filtração - regularização do teor em SO ₂ da cerveja....	26
4 Conclusões.....	30
5 Avaliação do trabalho realizado	32
5.1 Objectivos Realizados.....	32
5.2 Outros Trabalhos Realizados	32
5.4 Apreciação final.....	32
Referências	33
Anexos	34

1 Introdução

1.1 Enquadramento e Apresentação do Projecto

Este projecto foi desenvolvido no âmbito da disciplina de Projecto de Desenvolvimento em Ambiente Empresarial, do Mestrado Integrado em Engenharia Química, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Este projecto foi realizado em colaboração com a empresa Unicer Bebidas, S.A., Centro de Produção de Cerveja de Leça do Balio, e teve como objectivo a optimização da regeneração do PVPP, a melhoria da Turvação total e regularização do teor de SO₂ na cerveja.

O projecto iniciou-se com o estudo do processo de filtração de cerveja implementado, e processos a montante e jusante. Abaixo descreve-se brevemente o processo de produção da cerveja.

Produção de Cerveja

A cerveja é uma bebida produzida a partir da fermentação de cereais, principalmente de cevada maltada, e acredita-se ter sido das primeiras bebidas alcoólicas produzidas pelo homem. As fábricas de cerveja e de algumas outras bebidas alcoólicas são geralmente chamadas cervejarias.

1.1.1 Matérias-primas

A **Água** é um dos ingredientes mais importantes da cerveja, a sua origem e tratamento são muito importantes para a composição final da cerveja. A água utilizada tem que ser própria para consumo humano e tem que possuir uma composição em sais minerais adequada ao fabrico de cerveja.

O **Malte** é fundamental no processo de fabrico da cerveja, obtendo-se a partir da cevada após ter sido sujeita a um processo de germinação controlada. O malte é a principal fonte de enzimas e de amido, assim como de nutrientes que favorece o crescimento da levedura. É ainda responsável pela cor da cerveja e pela formação de espuma.

Após a extracção da gordura do milho este é moído. Este material não maltado e assim processado designa-se de **Gritz**. Este tem como função diminuir a percentagem de proteínas existentes no mosto, conferindo à cerveja um carácter mais seco.

O **Lúpulo** é uma planta aromática que confere à cerveja um aroma e amargor característicos.

A **Levedura** é um fungo unicelular, do género *Saccharomyces*, que é adicionado ao mosto depois de arrefecido. Este fungo é responsável pela fermentação realizada no mosto, produzindo assim produtos secundários determinantes para as características da cerveja (álcoois aromáticos, ésteres, dióxido de carbono, etc.). As leveduras utilizadas são diferentes para cada tipo de cerveja.

1.1.2 Fabrico do mosto

O malte e o griz são armazenados em silos até serem necessários. O malte antes de ir para a sala de fabrico é necessário ser moído. A moagem do malte tem como funções promover um corte na casca de modo a libertar o material amiláceo e diminuir o tamanho das partículas de amido, aumentando-se assim a área superficial para posteriormente promover a hidrólise do amido.

Após o tratamento do griz e do malte, estes estão prontos para a **brassagem**. Esta é constituída por três fases, uma fase na caldeira de caldas, uma fase na caldeira de empastagem e por fim uma fase na caldeira de sacarificação. O malte é enviado para a caldeira de empastagem. Nesta o malte moído é misturado com água e submetido a aquecimento (até 72 °C, pois acima desta as enzimas são inactivadas), de forma às enzimas do malte poderem sair para o meio. Sob a acção do calor e adicionando ácido fosfórico, as enzimas são activadas e promovem a hidrólise catalítica do amido. O griz, por sua vez, é enviado para a caldeira de caldas onde é misturado com água, formando uma mistura pastosa. Na caldeira de caldas é ainda adicionado um pouco de malte. Este tem como função fornecer ao meio enzimas necessárias à degradação do amido. É ainda adicionado de forma automática pequenas quantidades de cloreto de cálcio para promover a actuação das enzimas.

De seguida o conteúdo da caldeira de caldas é adicionado à caldeira de empastagem, adicionando-se uma enzima, cuja função é diminuir a viscosidade do mosto e consequentemente facilitar a filtração. A mistura fica na caldeira de empastagem a aguardar até que possa ir para a caldeira de sacarificação.

Na caldeira de sacarificação a mistura é aquecida até aos 78 °C, repousando a esta temperatura durante 5 minutos. Nesta caldeira o amido é convertido em glicose, por acção enzimática em meio ligeiramente ácido. É adicionado trouble, uma solução aquosa com proteínas precipitadas do mosto do fabrico anterior (forma-se na caldeira de ebulição e

separa-se no decantador), esta adição é efectuada com o objectivo de recuperar o mosto líquido que saiu junto com o trouble no decantador.

Segue-se a **filtração do mosto**, nesta etapa temos um filtro de placas que separa a fase líquida do mosto da fase sólida (drêche), a drêche é composta por cascas do grão de cevada e por alguns lípidos e proteínas que ficam retidos no processo de filtração. Quando a filtração termina, o mosto denso segue para o tanque tampão onde é armazenado e pré-aquecido, para quando o mosto chegar á caldeira de ebulição não ocorrer um choque térmico provocando o fenómeno de efervescência.

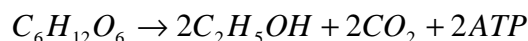
Na **caldeira de ebulição** a temperatura é elevada até aos 104 °C. Os principais objectivos desta etapa são: a concentração do mosto, a esterilização, a precipitação de proteínas de peso elevado e a eliminação de substâncias voláteis indesejáveis, como por exemplo o DMS (dimetilsulfito), provenientes do processo de fabrico do malte. É adicionado o lúpulo e o cloreto de zinco, que serve de nutriente para a levedura. Esta etapa tem uma duração aproximada de 70 minutos, após atingir a temperatura de 104 °C.

Após a ebulição, o mosto vai para um decantador onde repousa cerca de 5 minutos, onde há separação do precipitado proteico e dos componentes do lúpulo não solubilizados no mosto quente, o chamado trouble, este é retirado e armazenado num pião onde fica á espera do fabrico seguinte para ser adicionado.

1.1.3 Fermentação, maturação e estabilização a frio

O mosto proveniente do decantador da sala de fabrico é bombeado para as adegas para ser arrefecido. Depois de arrefecido o mosto é enviado para uma cuba cilíndrico-cónica, juntamente com a levedura de stockagem ou levedura da propagação.

A **fermentação** ocorre por volta de 14 °C e demora cerca de sete dias. Os açúcares são fermentados de acordo com a equação de Gay-Lussac, que é apresentada a seguir.



A **maturação** começa quando termina a fermentação, ou seja quando cerca de 90 % dos açúcares já se esgotaram, a maturação ocorre por volta dos 7 °C. O seu objectivo é de corrigir o aroma e o sabor da cerveja. Nesta fase temos esgotamento completo dos açúcares, saturação do CO₂ e a redução da quantidade de produtos secundários, como diacetilo. A quantidade de diacetilo é determinante nesta etapa visto que quando esta estiver na quantidade desejada então, começa a estabilização a frio.

A **estabilização a frio** vai permitir o aglomerar de proteínas e polifenóis, substâncias que provocam turvação na cerveja, assim na etapa seguinte (filtração) será mais fácil a sua

eliminação. Para isso baixamos a temperatura até cerca de - 1,5 °C, nunca deixar a temperatura baixar mais do que até aos -2 °C, isto porque a esta temperatura o álcool passa a estado sólido.

1.1.4 Clarificação da cerveja

Quando a cerveja sai da cuba cilindro-cónica apresenta-se turva devido a substâncias coloidais derivadas das matérias-primas e da levedura. Estes produtos têm que ser retirados da cerveja, para lhe dar um aspecto brilhante e claro. Esta etapa é muito importante para este projecto visto que é nesta que é possível controlar a turvação total, isto é retira as substâncias (proteínas e polifenóis) que mais tarde iriam provocar turvação na cerveja em produto acabado.

Esta etapa é efectuada em filtros, como Kieselghur e o PVPP, tem que ser realizada a baixas temperaturas, para não haver redissolução das substâncias coloidais. A cerveja filtrada deve ter um aspecto claro e brilhante, com os valores de dióxido de carbono dentro das especificações. Por fim a cerveja filtrada é enviada para tanques onde fica armazenada, os tanques de cerveja filtrada (TCF). Estes tanques de cerveja filtrada devem ser mantidos durante algum tempo sob pressão e a baixas temperaturas para que a cerveja estabilize a dissolução do CO₂, neste local a cerveja aguarda o enchimento.

1.1.5 Enchimento

Depois de todo o processo de produção de cerveja segue-se o enchimento. Para o enchimento temos três tipos de embalagens, a garrafa, a lata e o barril. As embalagens são lavadas, revistas e seleccionadas antes de irem para o processo de enchimento.

A cerveja é um produto natural e para garantir a eliminação de todos os microrganismos vai sofrer uma pasteurização na garrafa. A cerveja vai ser aquecida na garrafa, o que não é muito fácil.

Por fim a cerveja vai ser rotulada conforme as características presentes na cerveja.

1.1.6 Controlo de qualidade

O processo de produção de cerveja é muito complexo e demorado, sujeito a grandes alterações durante a produção. A qualidade final da cerveja depende de todas as etapas envolvidas ao longo do processo. São muitos os factores a ser controlados e corrigidos. Ao longo de todo o processo são retiradas amostras de cada fase, por vezes mais que uma, que são analisadas no laboratório de controlo de qualidade, onde existem técnicos especializados

em cada análise. Sem estas análises não se poderia controlar o processo de produção de cerveja do início ao fim, sabendo se a cerveja que estamos a produzir é própria para comercializar. As análises são imprescindíveis para no final obter um produto com qualidade.

1.2 Contributos do Trabalho

Este projecto foi dividido em duas partes. A primeira consistiu em melhorar os valores da turvação total na cerveja e optimização da regeneração do PVPP. A segunda parte focalizou-se na regularização do teor de SO₂ total na cerveja.

1.2.1 Turvação Total^Y

A turvação representa o grau da estabilização da cerveja e o comportamento que esta irá ter durante o seu armazenamento no mercado até ser consumida.

Existem diversas substâncias capazes de provocar turvação na cerveja, mas a causa mais frequente é o aglomerar de proteínas e polifenóis. Os polifenóis são antioxidantes naturais, que estão presentes em todos os organismos vegetais superiores (raízes, caules, folhas, frutas). As proteínas e os polifenóis estão presentes no malte e no lúpulo. Provavelmente estas substâncias encontram-se em equilíbrio na cerveja e manifestam-se sob a forma de turvação.

As proteínas que estão envolvidas na formação de turvação são ricas em prolina. Só as proteínas que contêm o aminoácido prolina (pirrolidone-2-ácido carboxílico) formam coloides com os polifenóis. Os polifenóis incluem todas as moléculas que contêm dois ou mais anéis fenol, por exemplo os flavanoides, constituídos por monómeros, como a catequina. Os monómeros não são capazes de formar ligações em ponte de hidrogénio com as proteínas, por essa razão não produzem turvação, só quando polimerizam é que criam ligações fortes com proteínas.

Depois de três a seis semanas de algum tempo de armazenamento, estes flavanoides oxidam-se e polimerizam-se formando cadeias de polifenóis, que possuem tamanho suficiente para precipitar as proteínas, originando a turvação a 0°C. Estas ligações quebram-se facilmente com o aumento da temperatura, cerca dos 20 °C. Daí a importância de manter a temperatura da filtração por volta dos -1,5 °C; esta temperatura possibilita a remoção dos aglomerados que são facilmente removidos durante a filtração. Contudo, depois de alguns

^Y Baseado nas referências bibliográficas [1] [2] [3]

meses de armazenamento estas cadeias de polifenóis estão prontas a polimerizar formando os taninos, que formam ligações fortes com as proteínas, provocando a turvação permanente, presente até a 20 °C.

Há alguns factores que influenciam a velocidade de formação de substâncias coloidais, tais como, temperatura, luz, transporte da cerveja e os metais pesados contidos na cerveja, que actuam como catalisadores.

Para prevenir uma grande turvação mantendo esta variável dentro dos limites especificados, temos de passar a cerveja por uma etapa de clarificação. A clarificação da cerveja refere-se ao tratamento desta através de materiais adsorventes não solúveis que removem os precursores de turvação, como por exemplo o PVPP (Polivinilpolipirrolidona) e a sílica gel, que removem os polifenóis e proteínas, respectivamente.

1.2.2 Dióxido de Enxofre^Y

O dióxido de enxofre está presente em todas as cervejas. O SO₂ é produzido pela levedura durante a fermentação; é um subproduto da síntese de aminoácidos sulfurados (cisteína e metionina). O teor em SO₂ no produto acabado é influenciado pelo valor de SO₂ produzido pela levedura durante a fermentação mas também pela eventual adição de metabissulfito de potássio (KMS), este adicionado para aumentar o teor em SO₂ da cerveja.

Durante a fermentação o SO₂ é produzido após o pico de crescimento da levedura e termina quando todo o extracto fermentável estiver reduzido. Uma fermentação mais lenta produzirá mais SO₂, isto é quanto maior o tempo de redução do extracto maior será a quantidade de SO₂ produzida.

Um teor de SO₂ entre 5 a 10 mg/L protege o aroma e gosto da cerveja, isto porque disfarça sabores indesejáveis e previne a oxidação ao longo do tempo. O teor em SO₂ deve ser controlado de forma a evitar a existência de sabor a enxofre no produto acabado e ainda devido aos efeitos fisiológicos negativos da injeção de SO₂ em grandes quantidades sobre o organismo humano, assim como a sua intolerância em certos indivíduos a este composto.

^Y Baseado nas referências bibliográficas [4] [5]

2 Estado da Arte^Y

A etapa de clarificação de cerveja (filtração) tem como objectivo a remoção de partículas suspensas na cerveja, nomeadamente microrganismos, como levedura e bactérias, e material capaz de produzir turvação, no final desta etapa obtém-se uma cerveja límpida e brilhante.

O processo de filtração e o projecto do equipamento de filtração é baseado na equação de Darcy:

$$\Delta P = \frac{\mu \times v \times \ell}{\beta} \quad (1)$$

onde ΔP é a diferença de pressão entre a entrada e saída do filtro, μ é a viscosidade da cerveja, v é a velocidade de filtração, ℓ é a espessura da camada filtrante e por fim o β é o coeficiente de permeabilidade do leito.

A permeabilidade da camada filtrante é definida como a capacidade do líquido atravessar a camada filtrante em determinadas condições como área de filtração, diferença de pressão e viscosidade. Durante a filtração a espessura da camada filtrante aumenta, devido à retenção de partículas sólidas presentes na cerveja e à adição do meio filtrante ser efectuada em linha. O aumento da espessura do leito provoca o aumento da diferença de pressão no filtro (ΔP) e a diminuição da porosidade, conseqüentemente uma diminuição na velocidade de filtração. Quando a espessura for tal que provoque uma diferença de pressão entre 4 e 7 bar, o filtro deverá ser regenerado.

Na etapa de filtração pode ser usado como meio filtrante o kiesekghur, a perlite ou a celulose para eliminar os aglomerados de proteínas-polifenóis, formados na estabilização a frio. No filtro de kiesekghur é ainda retida a levedura que não for separada nas centrífugas. O PVPP e/ou Sílica Gel são usados na remoção dos polifenóis e/ou proteínas. A celulose e a perlite são menos utilizadas devido às características das suas pré-camadas.

Para prevenir e controlar a turvação tem-se disponíveis os seguintes métodos de estabilização coloidal:

- A absorção dos precursores de turvação coloidal, nomeadamente proteínas e polifenóis

^Y Baseado nas referências bibliográficas [1] [3]

- Aceleração da precipitação dos precursores de proteínas pela adição do ácido tânico
- Hidrolise das proteínas usando enzimas
- Redução ou eliminação do oxigénio ao longo do processo e ao longo o enchimento

Os processos de estabilização que interagem directamente com a filtração são adição de PVPP e/ou Sílica gel, em simultâneo com o filtro de kiesekghur, e o uso de PVPP regenerado na filtração.

Os três sistemas que estão em uso actualmente para o prevenir a turvação são:

- A adição de PVPP e Sílica Gel doseados em linha com a cerveja, como único processo de filtração
- A adição de PVPP na cerveja depois do filtro kieseghur, em que o PVPP é regenerado para reutilizar
- O tratamento combinado de esterilização e uso do PVPP impregnado em placas de filtro

Os dois primeiros sistemas são os mais usados. O tratamento combinando o PVPP com a Sílica gel pode ser usado para prolongar a validade da cerveja.

Para a estabilização da cerveja é necessário remover as proteínas, usando Sílica Gel, ou os polifenóis, usando o PVPP, ou mesmo remover ambos, utilizando a Sílica Gel e o PVPP ao mesmo tempo, garantindo que não há formação de turvação mais tarde.

Para uma actuação eficaz do PVPP, a sua dosagem deve ser efectuada em linha, juntamente com a cerveja, para permitir um tempo de contacto suficientemente longo de modo que ocorra a sorção dos polifenóis ao PVPP. O PVPP poder ser adicionado juntamente com o kieselghur, no mesmo tanque de dosagem, mas obtêm-se melhores resultados se for doseado num tanque separado depois do kieselghur. O caudal de dosagem do PVPP durante a filtração deve estar entre 10 g/hl e 50 g/hl, regularmente 40 g/hl, dependendo das características de cada fábrica.

Em sistemas em que o PVPP é regenerado, o PVPP é doseado em contínuo com a cerveja e é recolhido num filtro onde é regenerado. O PVPP é regenerado por redissolução dos polifenóis adsorvidos através do contacto com uma solução contendo 2 % a 5 % de NaOH, em que há quebra das ligações de hidrogénio entre o PVPP e os polifenóis. Segue-se a neutralização com uma solução de ácido a 1 % com pH de 4. O PVPP deve ser lavado com água entre cada uma das fases.

Recomenda-se que todas as fases intervenientes na regeneração e na limpeza estejam a uma temperatura entre 60 °C e 80 °C para controlo microbiológico e para evitar choques térmicos.

A primeira solução de NaOH que passa no filtro PVPP torna-se de cor preta, deve passar a um caudal de 10 hl/m².h e nos primeiros 10 minutos de contacto a soda deve ser rejeitada na totalidade. A segunda lavagem do PVPP com soda, com um caudal cerca de 10 hl/m².h, demora cerca de 10 minutos até que a solução de hidróxido de sódio possa ser recuperada e usada na regeneração seguinte.

A neutralização pode ser efectuada com ácido fosfórico ou ácido nítrico com 0,1 a 1 % em solução. Além de neutralizar a alcalinidade, o ácido também remove sólidos insolúveis da cerveja assim como, carboidratos e sais minerais e reduz o pH do PVPP para aproximadamente 4. Por fim o PVPP deve ser lavado com água até se obter um pH entre 6,5 e 7,0.

A última etapa da regeneração consiste em fazer o PVPP retornar ao tanque de dosagem, para voltar a ser utilizado.

O PVPP pode ser regenerado com perdas mínimas de PVPP, inferior a 0,5 % em cada regeneração. Durante a regeneração pode acontecer degradação mecânica do PVPP através da redução do tamanho das partículas e aumento da diferença de pressão forçando a cerveja a passar através da camada filtrante causando danos no PVPP.

Quando a porosidade do PVPP diminui é mais difícil conseguir filtrar a cerveja, devido a diferenças de pressão altas. Como consequência a próxima regeneração vai ser pobre, criando problemas na próxima filtração.

2.1 Etapa de Filtração na fábrica

No centro de produção de Leça do Balio, existem duas linhas de filtração, a linha Schenk e a linha Orion. A cerveja sai da cuba de fermentação e é enviada para uma centrífuga de discos de 50 000 L/h, no caso na linha Schenk e para duas centrifugas de discos de 25 000 L/h, no caso linha Orion, onde é eliminada a levedura que não sedimentou na cuba. De seguida a cerveja vai para um tanque tampão, para regular caudais à entrada do filtro. Segue-se um filtro de kieselguhr (filtro de terra de diatomáceas) de placas verticais ou horizontais com uma pré-camada de kieselguhr, entre o tanque tampão e o filtro de kieselguhr temos um permutador de calor para arrefecer a cerveja novamente até aos - 1,5°C antes de entrar no

filtro, isto porque a cerveja ao passar na centrífuga aumenta a temperatura. É muito importante manter a filtração à temperatura de -1,5 °C para não ocorrer redissolução dos coloides. Neste filtro são eliminados os precipitados de proteínas e polifenóis e a levedura que não tenha sido retirada pela centrífuga.

Quando a cerveja sai do filtro de kieselguhr vai para um filtro de PVPP (polyvinylpolypyrrolidone), neste são retirados os polifenóis por absorção existentes na cerveja para evitar que estes mais tarde se aglomerem com as proteínas, mantendo-se assim a estabilidade da cerveja. Segue-se um filtro de Trap que tem como função retirar todas as substâncias que ainda não tenham sido retiradas nos filtros anteriores. Por fim temos um corrector de extracto e de dióxido de carbono, esta correcção é efectuada num tanque pulmão, para onde é enviada a cerveja depois de sair do filtro de Trap. Se for necessário adicionar alguns corantes ou aditivos, estes são adicionados antes do filtro Trap.

A linha Orion é semi-automática e o filtro de kieselguhr é de placas horizontais, a linha Schenk é automática e o filtro de kieselguhr é de placas verticais. Em termos de qualidade de cerveja ambos realizam a sua função de igual modo, mas dá-se preferência à linha automática devido ao facto de que a limpeza é automática, enquanto na linha semi-automática a limpeza é feita pelos técnicos.

Por vezes pode ser necessário adicionar KMS (metabissulfito de potássio) para corrigir valores de SO₂, produto formado durante a fermentação, quando os valores de SO₂ estão baixos é adicionado KMS para fazer os aumentar. O KMS é adicionado junto com o Kieselguhr novo no tanque doseador, no filtro de KG. Pode ser necessário corrigir o amargor da cerveja e a cor, todas estas correcções são efectuadas na etapa de filtração.

A cerveja filtrada deve ser clara e brilhante, com os valores de dióxido de carbono dentro das especificações.

De seguida é apresentado um esquema representativo das filtrações pela linha Orion e pela linha Schenk.

Nota: Nos anexos E, F e G são apresentadas fotografias da instalação da etapa de filtração na fábrica.

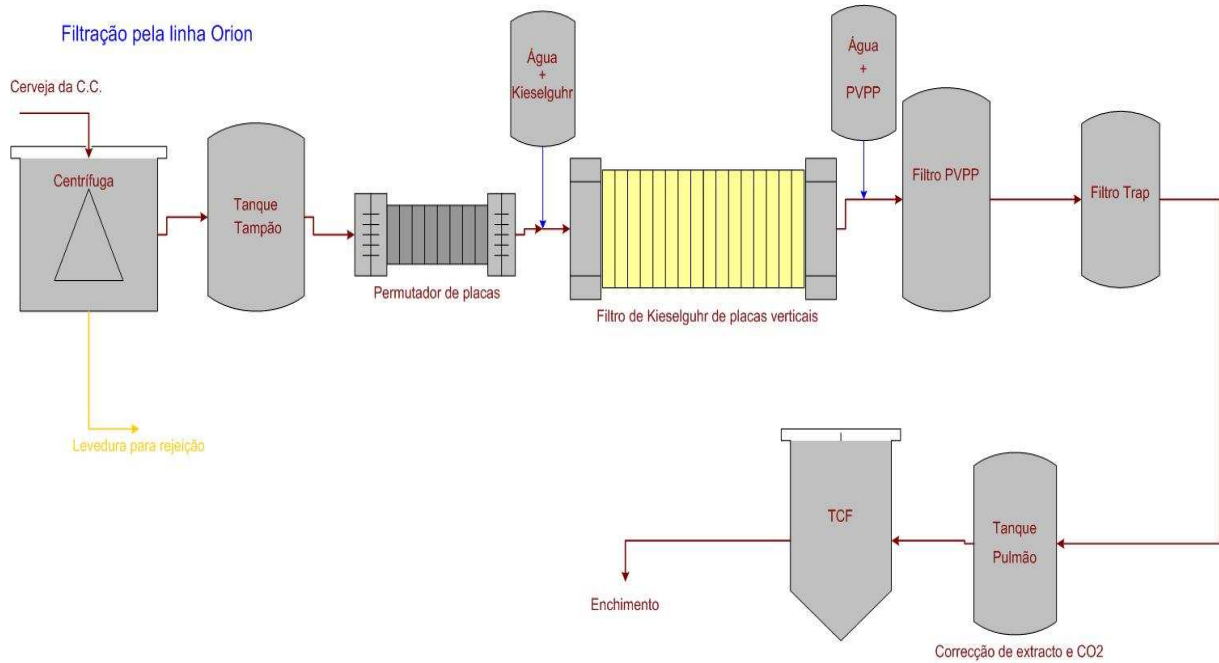


Figura 1 - Esquema representativo da filtração na linha Orion.

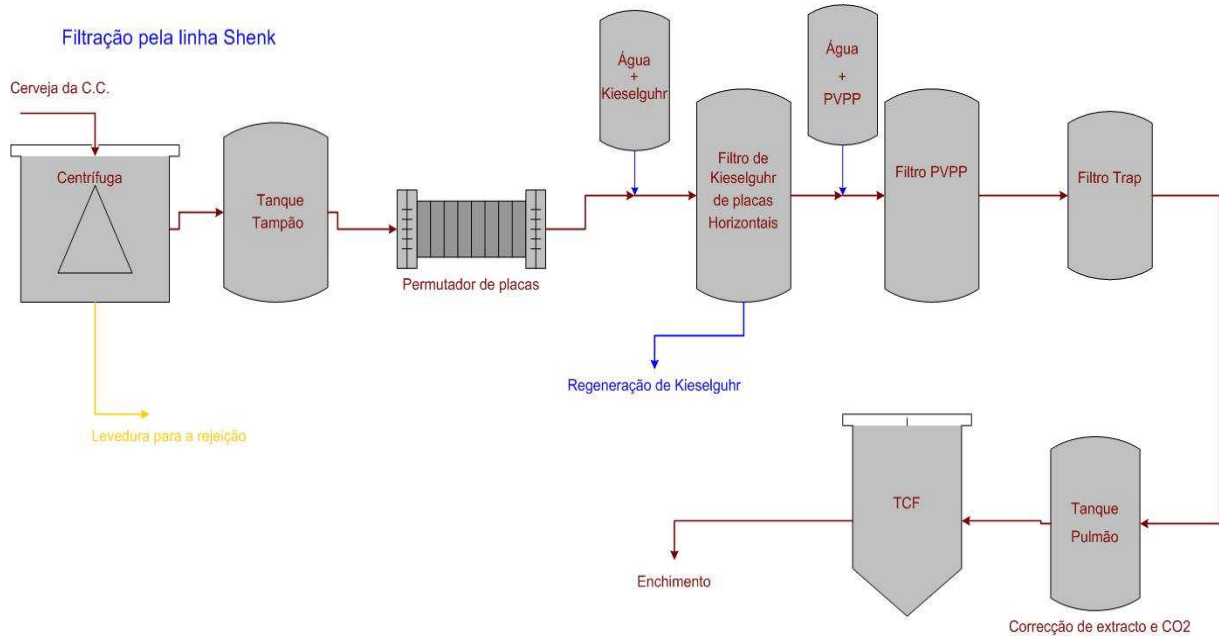


Figura 2 - Esquema representativo da filtração na linha Schenk.

Por fim a cerveja filtrada é enviada para tanques onde fica armazenada, chamam-se tanque de cerveja filtrada (TCF), algum tempo sob pressão e a baixas temperaturas é muito importante para que a cerveja estabilize a dissolução do CO₂, onde aguarda o enchimento.

3 Apresentação e Discussão dos Resultados

3.1 Optimização da etapa de filtração - Melhoria da turvação total e regeneração do PVPP

Começou-se por caracterizar a situação actual da turvação total na Super Bock e realizou-se um levantamento dos parâmetros principais que influenciam a turvação total. Nos gráficos seguintes é apresentada a caracterização da turvação total quando se deu início a este projecto de desenvolvimento:

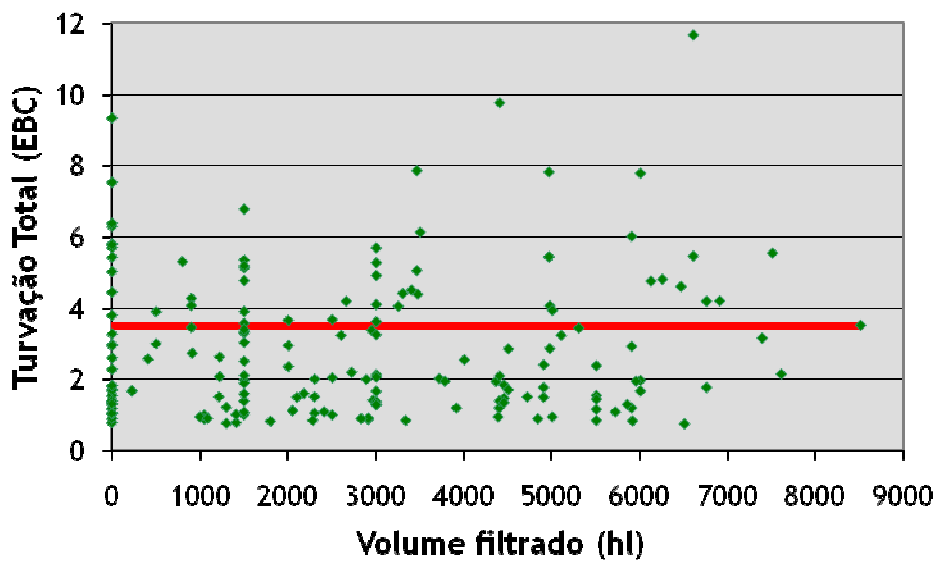


Figura 3 - Turvação total da cerveja em função do volume filtrado na linha Orion. A linha marca a turvação máxima admitida.

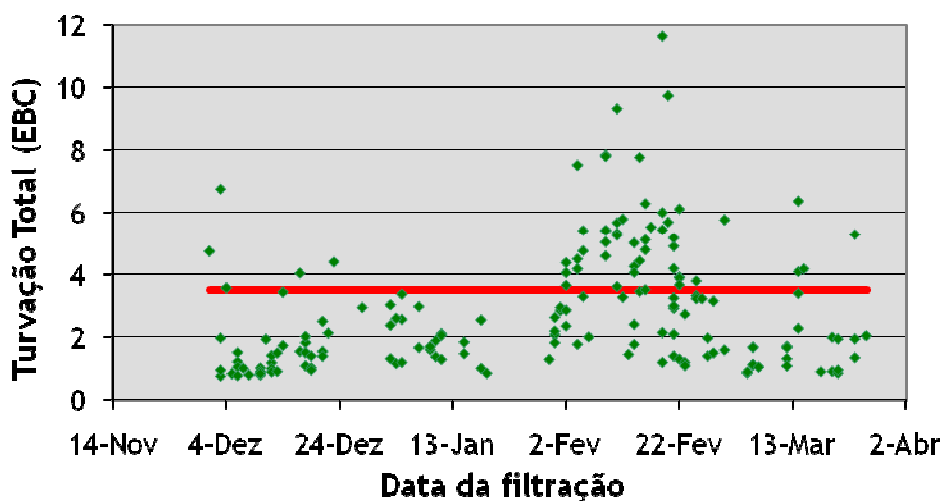


Figura 4 - Turvação total em função da data de filtração na linha Orion. A linha marca a turvação máxima admitida.

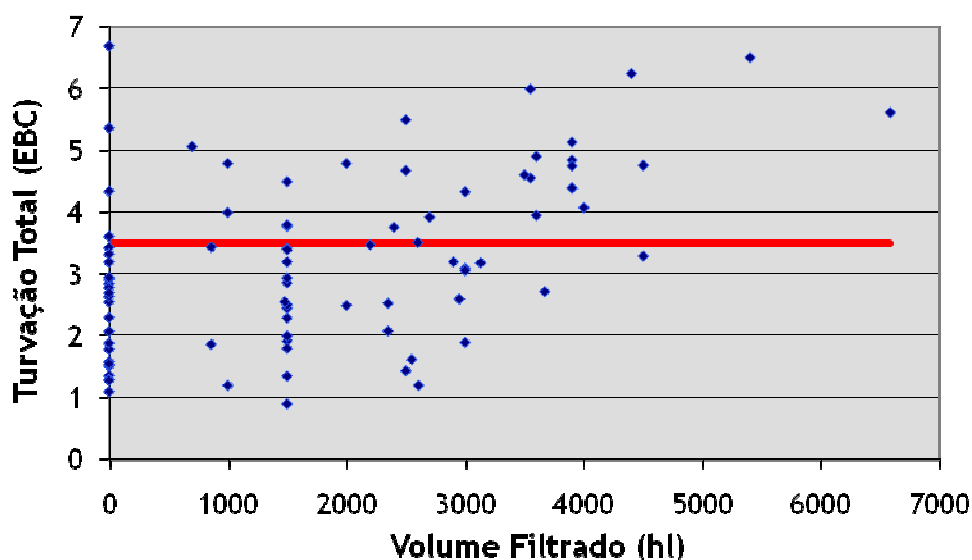


Figura 5 - Turvação total em função do volume filtrado na linha Schenk. A linha marca a turvação máxima admitida.

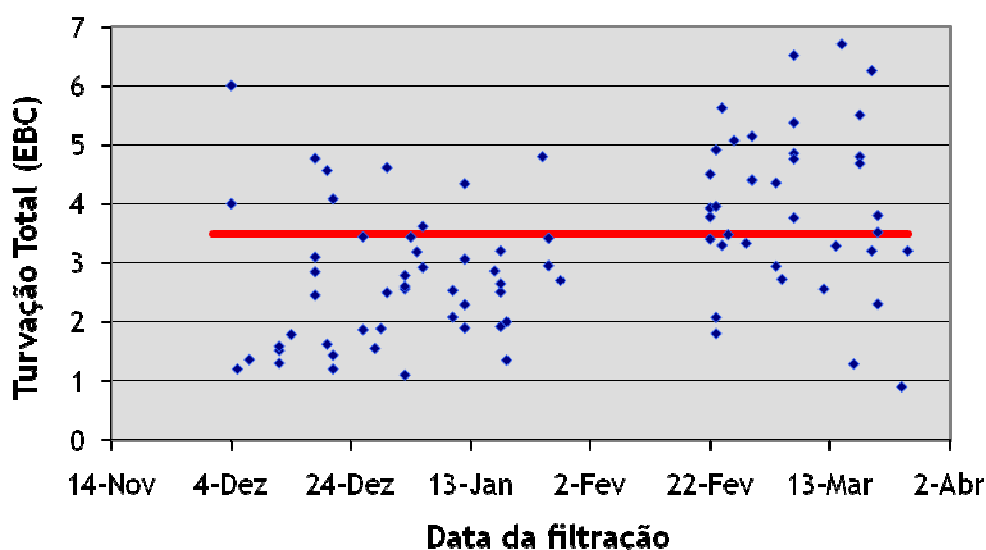


Figura 6 - Turvação total em função da data de filtração na linha Schenk. A linha marca a turvação máxima admitida.

Nota: A turvação total é lida em unidades EBC (European Brewers Convention), o método de leitura é apresentado no anexo A.

Decidiu-se acompanhar um ciclo de filtração na linha Schenk para avaliar a capacidade de retenção de proteínas e de polifenóis dos filtros. As amostras foram recolhidas em três locais distintos ao longo do filtro, saída do tanque tampão ou seja antes do filtro kieselghur, saída do filtro de kieselghur e por fim saída do filtro PVPP. As amostras foram retiradas com

um desfasamento de cerca de 15 minutos, para um caudal de 400 hl/h, para garantir que a cerveja era a mesma nos três locais. Estas amostras foram analisadas por espectrofotometria (PPT2000 Standard, anexo D), este equipamento permite obter o índice de proteínas, o índice de polifenóis e o índice de proteínas de elevado peso molecular, tabela 1. Para uma melhor compreensão da eficiência dos filtros, em termos de retenção de proteínas, polifenóis e proteínas de elevado peso molecular, efectuou-se o cálculo da percentagem de retenção dos filtros, tabela 2.

Tabela 1 - Resultados da análise efectuada ao índice de proteínas, índice de polifenóis e índice de proteínas de elevado PM ao longo de um ciclo de filtração em três locais diferentes.

Tempo de filtração (h)	Volume filtrado (L)	Amostra	Proteínas	Polifenóis	Proteínas de elevado PM
0	0	Saída TT	105	58	278
		Saída KG	87	60	160
		Saída PVPP	83	32	131
1h50	60500	Saída TT	113	49	296
		Saída KG	87	24	224
		Saída PVPP	88	17	340
3h30	135700	Saída TT	116	53	332
		Saída KG	88	30	334
		Saída PVPP	92	22	312
6h10	248100	Saída TT	111	67	271
		Saída KG	81	24	244
		Saída PVPP	92	28	247
7h25	308200	Saída TT	101	41	256
		Saída KG	90	27	278
		Saída PVPP	98	21	326
8h25	352300	Saída TT	112	56	280
		Saída KG	94	29	328
		Saída PVPP	95	18	312
9h58	428600	Saída TT	113	61	255
		Saída KG	99	34	240
		Saída PVPP	101	16	235
11h10	484600	Saída TT	108	42	241
		Saída KG	88	31	288
		Saída PVPP	99	34	237
12h40	562800	Saída TT	105	41	218
		Saída KG	88	29	275
		Saída PVPP	93	31	248

Tabela 2 - Retenção nos filtros dos índices de proteínas, índices de polifenóis e índices de proteínas de elevado PM ao longo do ciclo de filtração.

Tempo de filtração	Volume filtrado (L)	Filtro de kieselghur			Filtro de PVPP		
		% Redução proteínas	% Redução polifenóis	% Redução proteínas PM	% Redução proteínas	% Redução polifenóis	% Redução proteínas PM
0	0	18	-4	43	4	47	18
1h50	60500	23	51	24	-1	30	-52
3h30	135700	24	43	-1	-4	28	7
6h10	248100	27	63	10	-13	-15	-1
7h25	308200	11	33	-9	-10	23	-18
8h25	352300	17	48	-17	-1	38	5
9h58	428600	13	44	6	-3	52	2
11h10	484600	18	25	-20	-12	-8	18
12h40	562800	17	29	-26	-6	-5	10

Ao analisar a tabela 2, verifica-se que o filtro de kieselghur adsorve proteínas, assim como uma certa quantidade de polifenóis. Esta diminuição de polifenóis neste filtro verifica-se pelo facto de kieselghur adsorver os complexos formados entre proteínas e polifenóis já formados e mesmo por adsorção indirecta, isto é as proteínas que se encontram no kieselghur adsorvidas e que por sua vez adsorvem os polifenóis que estão na cerveja.

O filtro de PVPP não adsorve proteínas, como se pode verificar pela análise da tabela 2, a retenção de polifenóis não está de acordo com o esperado, por vezes os polifenóis aumentam à saída do PVPP. O filtro PVPP para ser eficiente deve reduzir, no mínimo, cerca de 50 % de polifenóis.

Para perceber qual era a deficiência no filtro PVPP começou-se por acompanhar uma regeneração do PVPP, controlando a concentração de hidróxido de sódio (NaOH ou soda) para garantir a dessorção dos polifenóis adsorvidos. E assim, verificar se o PVPP estava apto a adsorver novamente polifenóis no ciclo seguinte.

Acompanhou-se a regeneração do PVPP com NaOH e retiraram-se amostras à saída do filtro de PVPP, para mais tarde determinar as concentrações de soda em laboratório, o método de análise da concentração é apresentado no anexo C. A primeira soda que passa no filtro fica com cor preta e é desprezada. Na fase de recirculação de soda, esta é aproveitada e armazenada novamente no tanque de alimentação para ser utilizada na regeneração seguinte. Os resultados obtidos em cada uma das linhas de filtração encontram-se na tabela 3 e 4:

Tabela 3 - Concentrações de NaOH ao longo da regeneração do PVPP na linha Schenk.

Tempo (min)	pH	Conc. Soda Total %	Conc. Soda Livre %	
1	12,5	0,73	0,73	Empurro da Soda I com água quente
5	10,7	0,04	0,03	
8	9,6	0,03	0,01	
11	12,3	0,57	0,54	Recirculação Soda II
20	12,3	0,63	0,62	
32	12,1	0,63	0,43	
36	11,5	0,18	0,15	Empurro da soda II com água quente

Tabela 4 - Concentrações de NaOH ao longo da regeneração do PVPP na linha Orion.

Tempo (min)	pH	Conc. Soda Total %	Conc. Soda Livre %	
2	12,6	0,44	0,44	Empurro da Soda I com água quente
7	12,1	0,17	0,17	
12	11,9	0,13	0,12	
15	12,6	0,50	0,49	Recirculação Soda II
25	12,7	0,61	0,60	
33	12,7	0,63	0,62	
40	12,5	0,44	0,41	Empurro da soda II com água quente

Como podemos verificar pela análise das tabelas 3 e 4, a concentração da soda está inferior ao valor desejado, visto que quando a soda está em circulação na regeneração do PVPP a concentração deveria estar entre 1 % e 2 %. Aumentou-se a concentração no tanque de alimentação de soda até atingir os parâmetros pretendidos na circulação. O primeiro aumento efectuado foi de 1 % para 1,5 %, depois para 1,6 %, depois para 1,8 % e por fim para 2,2 %. Sempre que foi aumentada a concentração da soda no tanque de alimentação, as regenerações nas duas linhas, Orion e Schenk, foram acompanhadas e foram retiradas amostras para a determinação das concentrações de soda em laboratório. Na tabela seguinte é apresentada a concentração de soda ao longo da regeneração para a última mudança efectuada na concentração de NaOH no tanque de alimentação:

Tabela 5 - Concentrações de NaOH ao longo da regeneração do PVPP na linha Schenk.

Tempo (min)	pH	Conc. Soda Total %	Conc. Soda Livre %	
1	13,1	1,46	1,44	Empurro da Soda I com água
3	13,1	1,07	1,05	
6	12,6	0,27	0,26	
8	13,1	1,12	1,10	Soda II
18	13,1	1,33	1,31	
30	13,1	1,33	1,31	
35	12,9	0,63	0,62	Empurro da Soda II com água quente
42	12,1	0,10	0,08	
46	11,3	0,05	0,04	Empurro da água quente com água fria
50	11,1	0,03	0,03	
54	5,2	0,00	0,00	Neutralização
58	4,9	0,00	0,00	

Tabela 6 - Concentrações de NaOH ao longo da regeneração do PVPP na linha Orion.

Tempo (min)	pH	Conc. Soda Total %	Conc. Soda Livre %	
1	13,1	1,02	1,01	Empurro da Soda I com água quente
3	13,1	0,94	0,91	
6	12,9	0,54	0,52	
8	13,1	1,00	1,00	Recirculação Soda II
18	13,2	1,23	1,22	
28	13,1	1,23	1,21	
32	13,1	1,01	0,99	Empurro da Soda II com água quente
36	12,9	0,48	0,46	
40	12,3	0,15	0,13	Empurro da água quente com água fria
44	12,1	0,10	0,08	
48	9,4	0,04	0,00	Neutralização
52	5,9	0,00	0,00	

Analisou-se as concentrações de soda na neutralização, para garantir que o aumento efectuado na concentração de NaOH no tanque de alimentação não prejudicou a etapa de neutralização, dado que no final desta a concentração de NaOH deve ser nula. A neutralização é efectuada com água desarejada e dióxido de carbono.

É de referir que desde que se começou a alterar as concentrações de NaOH, as turvações começaram a melhorar.

A regeneração do PVPP foi acompanhada, também de forma a poder otimizar os consumos de água e a limpeza dos filtros, visto que um dos problemas iniciais do filtro PVPP na linha Schenk era a perda de PVPP, isto acontecia principalmente ao fim de semana quando ocorre CIP da instalação, se existir algum PVPP nos filtros vai para o esgoto.

Ao acompanhar a passagem do PVPP para o tanque doseador na linha Schenk, verificou-se que o filtro no final não ficava totalmente limpo, ainda ficava algum PVPP retido nas placas e no fundo do filtro. Para otimizar a limpeza realizou-se algumas alterações no programa de regeneração do PVPP. Os ensaios efectuados na linha Orion consistiram em corrigir os tempos de “Empurrar soda I com água quente” e de neutralização, dado que verificou-se que para a actual concentração de NaOH estes tempos não estavam optimizados. O programa de regeneração é completamente automatizado.

De seguida são apresentadas as alterações efectuadas nas várias etapas da regeneração das duas linhas, Orion e Schenk, tabelas 7 e 8.

Tabela 7 - Optimização do programa de regeneração do PVPP na Linha Orion.

		Tempo (s)	Ensaio 1 (s)	Ensaio 2 (s)
Passo 3	Lavar dosimat	855	855	855
Passo 4	Lavar filtro PVPP a quente			
Passo 5	Encher filtro PVPP com soda I			
Passo 7	Empurrar soda I com água quente	480	580	580
Passo 8	Empurrar água quente com soda II			
Passo 9	Recirculação de soda II	1344	1344	1344
Passo 11	Empurrar soda II com água quente	507	507	507
Passo 12	Empurrar água quente com água fria	507	507	507
Passo 13	Neutralização	507	507	447
Passo 14	Esvaziar tanque de dosagem			
Passo 15	Esvaziar filtro de PVPP para tanque de água fria	999	999	999
Passo 16	Descarregar pressão do sistema	15	15	15
Passo 17	Descarga do PVPP para o tanque de dosagem I	400	400	400
Passo 18	Descarga do PVPP para o tanque de dosagem II			
Passo 19	Esvaziar tubagem	60	60	60

No passo 3 “lavar dosimat”, que é o passo em o PVPP que ainda está no tanque doseador no final da filtração passa para o filtro para ser regenerado, ficava sempre algum PVPP retido no fundo. Para evitar esta deficiência na limpeza do tanque doseador realizaram-se vários ensaios, o mais eficaz e económico foi ligar o agitador do tanque doseador no acto da lavagem e passagem do restante PVPP para o filtro.

No passo 7, “Empurrar soda I com água quente”, teve de se aumentar a quantidade de água de alimentação. Efectivamente, com o aumento da concentração da solução de regeneração de soda, passou a ser necessário a passagem de um maior volume de água de forma a lavar a soda presente aquando da etapa de regeneração. No passo 13, “neutralização”, diminui-se um pouco o tempo desta etapa, dado que o pH final do PVPP no tanque doseador era demasiado baixo. No final da regeneração o pH pretendido é entre 6,5 e 7,0.

Tabela 8 - Optimização do programa de regeneração do PVPP na Linha Schenk.

		Tempo (s)	Ensaio 1 (s)	Ensaio 2 (s)	Ensaio 3 (s)	Ensaio 4 (s)
Passo 1	Descarregar pressão do sistema	30	30	30	30	30
Passo 2	Transferência do PVPP restante					
Passo 5	Encher Filtro PVPP com soda I					
Passo 7	Empurrar soda I com água quente	480	480	480	480	480
Passo 8	Empurrar água quente com soda II					
Passo 9	Circulação de soda II	1446	1446	1446	1446	1446
Passo 10	Esvaziar sistema de dosagem de PVPP					
Passo 11	Empurrar soda II com água quente	723	723	723	723	603
Passo 12	Empurrar água quente com água fria	450	450	450	450	450
Passo 13	Neutralização	450	450	450	450	450
Passo 14	Esvaziar sistema de dosagem de PVPP					
Passo 15	Esvaziar filtro PVPP para o tanque de água fria	180	180	180	180	180
Passo 16	Descarregar pressão do sistema	15	15	15	15	15
Passo 17	Descarga I do PVPP	525	525	555	585	585
Passo 18	Descarga II do PVPP	475	495	495	505	505
Passo 19	Enxaguamento com água	200	200	200	200	200
Passo 20	Drenagem do CO ₂ pala linha de saída	60	60	60	60	60
	Drenagem do CO ₂ pala linha de entrada	30	30	30	30	30
Tempo Total (s)		5064	5084	5114	5154	5034

Na linha Schenk foram efectuadas alterações nos passos 17 e 18, “descargas de PVPP”, isto porque a lavagem do filtro não era concretizada com sucesso. Efectivamente, nem todo o PVPP saía das placas e do fundo do filtro e assim não passava para o tanque doseador, como era previsto acontecer. Foram efectuados vários ensaios até se verificar que esta situação estava resolvida. Em relação ao passo 11, diminui-se o volume de água, dado ter-se verificado uma perda desnecessária de água quente para o esgoto. Na neutralização também foi efectuada uma alteração na pressão do CO₂, isto porque a pressão estava a 6 bar, obtendo-se um pH do PVPP no final da regeneração de 5,88, inferior ao pretendido. Diminuiu-se a pressão de CO₂ para 4 bar, assim o pH aumentou para cerca de 6,7.

Retirou-se uma amostra de PVPP de cada uma das linhas existentes na fábrica para analisar o teor de sólidos secos. São retiradas frequentemente provetas para ler a concentração de PVPP no tanque doseador em ambas as linhas de filtração, esta leitura deve ter em consideração o teor de sólidos secos, o tamanho das partículas de PVPP influenciam estes parâmetros. No início do projecto o teor de sólidos no PVPP era cerca de 3,7 % e 5.3 %, na linha Schenk e na linha Orion, respectivamente. O valor alvo é cerca de 10 % em teor de sólidos.

Decidiu-se adicionar PVPP novo ao existente, de forma a aumentar o teor de sólidos e a concentração do PVPP na tanque doseador, conseqüentemente ajudar na melhoria da turvação total. Depois de algumas adições de PVPP novo em ambas as linhas de filtração, retirou-se uma amostra do PVPP de cada uma e procedeu-se à análise da % de sólidos, % de adsorção da catequina e % de PVPP. Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 9.

Tabela 9 - Resultados das análises efectuadas ao teor de sólidos, % adsorção de catequina e % de PVPP.

	Teor Sólidos (%)	% adsorção catequina	% PVPP
Orion	6,2	56	98
Schenk	6,3	46	84

Em relação ao teor de sólidos ainda não está no pretendido, mas melhorou bastante, a % de adsorção de catequina deve ser superior a 40 %, ambos os filtros estão acima do valor mínimo. Pelo valor da percentagem de PVPP podemos concluir que na linha Orion a % PVPP é quase 100%, significa que os praticamente não tem kieselghur, enquanto na linha Schenk temos uma percentagem de kieselghur elevada, significa que está a passar kieselghur para o filtro PVPP através do filtro de kieselghur.

Foi implementado um gráfico nas adegas, para que os técnicos registem os valores das concentrações de PVPP, de ambas as linhas, obtidas através da leitura das provetas retiradas no fim da cada regeneração. Ao qual se deu o nome de carta de controlo de PVPP.

Relação entre a turvação total e a sala de fabrico do mosto

Ao proceder ao levantamento dos parâmetros principais que provocariam turvação total na Super Bock, verificou-se que a sala em que ocorria o fabrico do mosto influenciava turvações totais. Há duas salas de fabrico, a sala Nordon (ND) e sala Ziemnan-Meura (ZM), demonstrou-se a sala ZM apresentaria turvações totais superiores à sala Nordon. Este facto poderá ser explicado pela diferença entre os filtros das duas salas, visto que o filtro da ZM é

mais antigo do que a sala Nordon, apresentando especificidades diferentes, o mosto da sala ZM apresenta maior quantidade de lipídios. A seguir é apresentado o gráfico que mostra como varia turvação total em função da sala de fabrico do mosto.

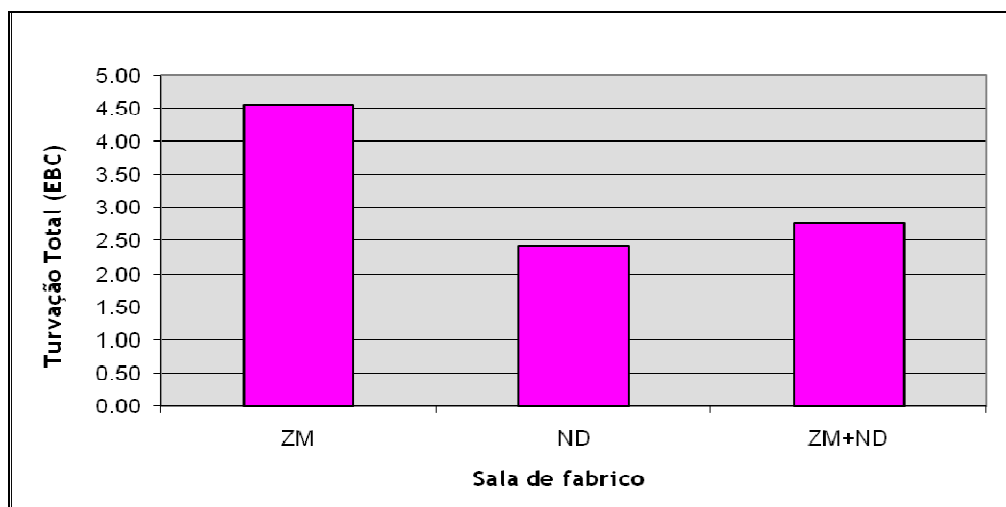


Figura 7 - Apresentação da Turvação Total em função da sala de fabrico do mosto.

Decidiu-se analisar a quantidade do trouble, precipitado proteico e componentes de lúpulo não solubilizados no mosto quente, em cada uma das salas de fabrico de mosto Super Bock. Para tal retirou-se amostras na etapa de arrefecimento do mosto (nas adegas) e mediu-se quantidade de trouble em Cones de imhoff. Os resultados obtidos são apresentados nas tabelas 10 e 11.

Tabela 10 - Resultados dos Cones de imhoff para o trouble da sala ND.

Amostra	Tempo (min)	Volume (hl)	Trouble/1000 ml	UA
1	5	70	18	35
2	20	242	6	36
3	30	385	9	36
4	40	640	1.5	37
5	55	730	2	38

Tabela 11 - Resultados dos Cones de imhoff para o trouble da sala ZM.

Amostra	Tempo (min)	Volume (hl)	Trouble/1000 ml	UA
1	5	32	20	28
2	15	145	6	30
3	25	250	3	29
4	35	350	4.5	29
5	45	500	3.5	30

Verificou-se através dos resultados obtidos nos cones de imhoff, que a diferença entre a quantidade de trouble das salas de fabrico não é muito significativa, mas este facto pode ser explicado devido ao facto de as amostras não serem retiradas nos tempos exactos de passagem de trouble, dificultando este tipo de análise.

Ao analisar a figura 7 constata-se que se o mosto for fabrico apenas da sala ZM, o valor da turvação total em média era superior ao máximo admitido, 3,5 EBC.

De seguida serão apresentados os resultados obtidos para turvações totais, depois de efectuar as melhorias na instalação da etapa de filtração.

Tabela 12 - Resultados da análise efectuada ao índice de proteínas, índice de polifenóis e índice de proteínas de elevado PM ao longo de um ciclo de filtração em três locais diferentes na linha Schenk, depois de todas as melhorias implementadas na etapa filtração.

		Proteínas	Polifenóis	Proteínas elevado PM	% Redução de polifenóis
1 0 L	Saída TT	98	68	436	
	Saída KG	104	58	314	14
	Saída PVPP	83	17	323	70
2 86800 L	Saída TT	84	43	470	
	Saída KG	69	42	504	1
	Saída PVPP	82	15	465	65
3 177410 L	Saída TT	95	67	355	
	Saída KG	92	45	350	33
	Saída PVPP	87	29	307	35
4 323850 L	Saída TT	111	63	407	
	Saída KG	93	48	434	24
	Saída PVPP	110	22	421	54
5 483530 L	Saída TT	106	53	430	
	Saída KG	83	45	376	14
	Saída PVPP	83	19	351	59

Como se pode verificar a retenção de polifenóis no filtro de PVPP aumentou significativamente, melhorando a eficácia deste filtro.

Tabela 13 - Resultados da análise efectuada ao índice de proteínas, índice de polifenóis e índice de proteínas de elevado PM ao longo de um ciclo de filtração em três locais diferentes na linha Orion.

		Proteínas	Polifenóis	Proteínas elevado PM	% Redução de polifenóis
1 0 L	Saída TT	141	48	287	
	Saída KG	59	14	230	71
	Saída PVPP	111	5	133	66
2 81900 L	Saída TT	210	43	323	
	Saída KG	197	23	458	46
	Saída PVPP	280	10	331	57
3 164300 L	Saída TT	173	49	329	
	Saída KG	188	27	323	45
	Saída PVPP	194	12	310	57
4 249600 L	Saída TT	196	74	382	
	Saída KG	183	61	339	17
	Saída PVPP	141	20	333	67
5 373500 L	Saída TT	165	53	340	
	Saída KG	140	32	312	39
	Saída PVPP	151	12	377	63
6 486820 L	Saída TT	190	44	345	
	Saída KG	177	36	352	20
	Saída PVPP	165	10	311	73

No que se refere à linha Orion, o filtro PVPP também está com uma boa capacidade de retenção de polifenóis, em média tem uma redução de cerca de 63 %.

De seguida são apresentados gráficos com os valores da turvação total desde que começaram a ser efectuadas as alterações.

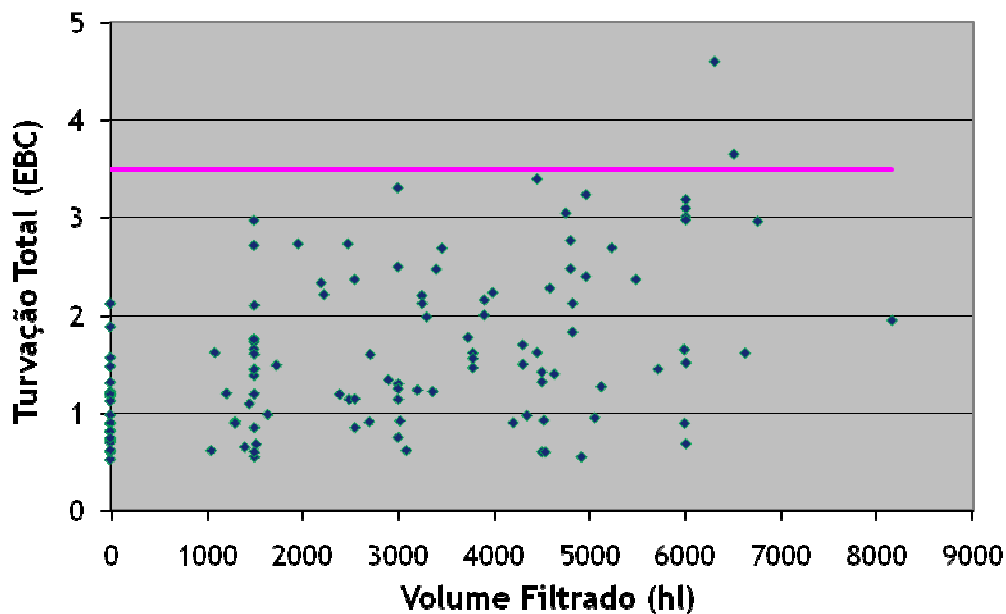


Figura 8 - Turvação Total em função do volume filtrado na linha Orion. A linha marca a turvação máxima admitida.

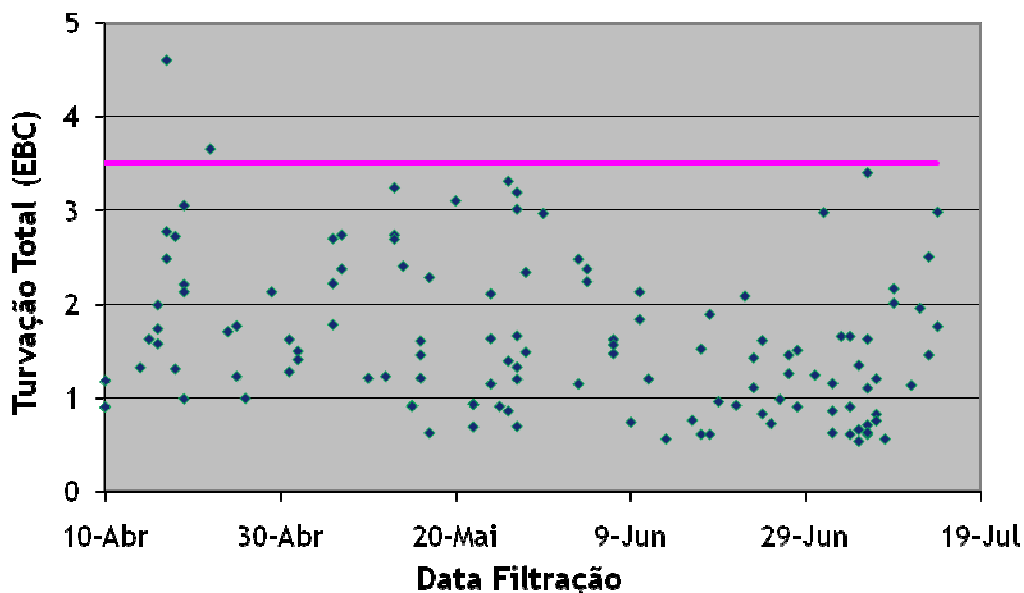


Figura 9 - Turvação Total em função da data de filtração na linha Orion. A linha marca a turvação máxima admitida.

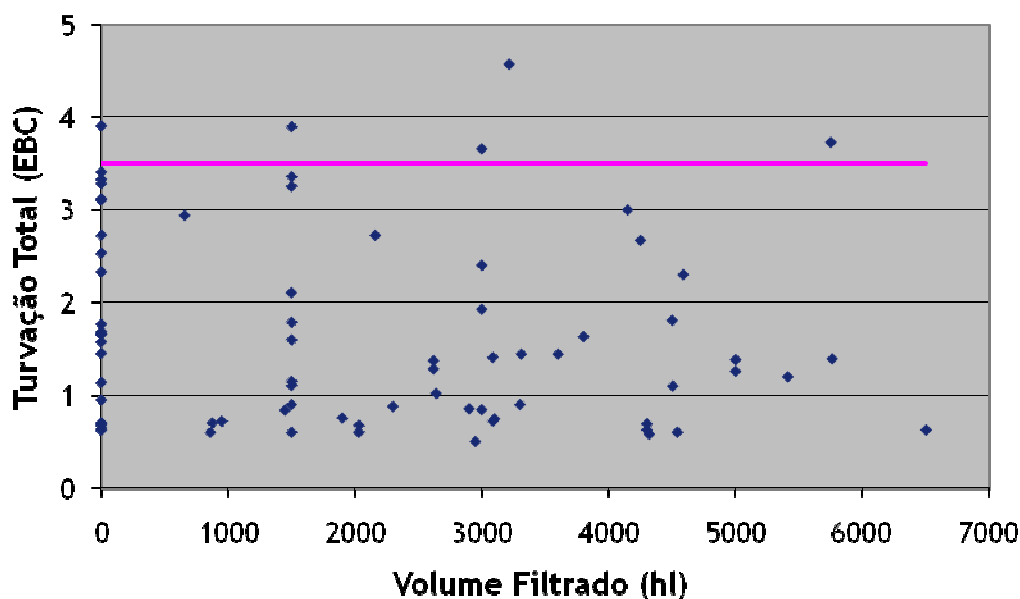


Figura 10 - Turvação Total em função do volume filtrado na linha Schenk. A linha marca a turvação máxima admitida.

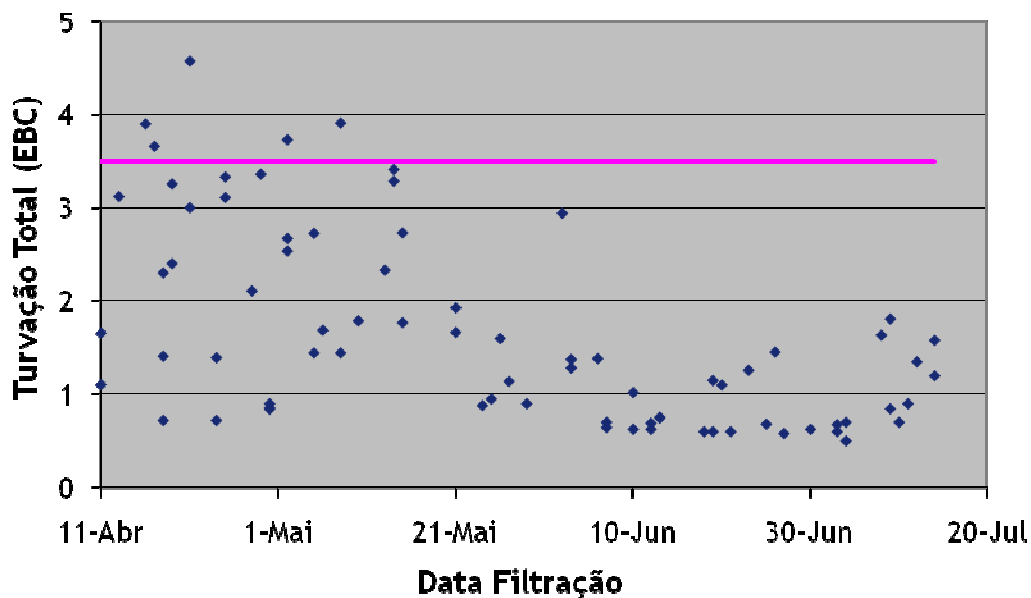


Figura 11 - Turvação Total em função da data de filtração na linha Schenk. A linha marca a turvação máxima admitida.

Ao analisar os gráficos, verificou-se que as turvações totais lidas recentemente estão dentro do limite máximo admitido.

3.2 Optimização da etapa de filtração - Regularização do teor em SO₂ da cerveja

Nesta fase do projecto efectuou-se a análise de SO₂ da cerveja acabada. Com os valores obtidos estudou-se o histórico de cada parâmetro com interferências naquela concentração: e.g. quantidade de KMS (metabissulfito de potássio) adicionado, linha usada na filtração da cerveja, valores de SO₂ das cubas de fermentação, etc. Com este levantamento, calculou-se o valor esperado. Ao analisar os valores obtidos, real e calculado, concluiu-se que na maioria dos casos estes eram diferentes.

Tabela 14 - Limites do teor em SO₂ no produto acabado nos diferentes tipos de cerveja.

	SO ₂ mg/l	
	Mínimo	Máximo
Carlsberg	6	10
Super Bock	6	10
Super Bock Green	4	8
Cristal	4	8
Cheers	3	7

Quando os valores, real e calculado, não são iguais é por que alguma etapa no decorrer do processo não está como previsto. Pode ser a análise do SO₂ de fermentação ou a adição de KMS, que tem como função corrigir o teor em SO₂ quando está abaixo do esperado especificado. Estes são os dois pontos essenciais na determinação do valor calculado, se algum destes valores não corresponder á realidade o valor calculado pode estar errado.

Na tabela 15, apresentada a seguir, podemos verificar a diferença entre o valor real e o calculado, ou seja o que deveria ter sido obtido.

O método para a determinação do dióxido de enxofre em laboratório é apresentado no anexo B.

Tabela 15 - Resultados de teor de SO₂, real e calculado.

	SO ₂ (mg/l) teórico	SO ₂ (mg/l) obtido
CRISTAL TP 0,33 EXPORT	8	8
SB GREEN TR 0,33	11	4
SUPER BOCK TP 0,33	2	7
CRISTAL TP 6 0,33	9	9
MARINA TP 6 0,33	4	6
SB ABADIA TP6 0,33	9	11
SUPER BOCK TP 6 0,33	8	8
SUPER BOCK TP 0,25 EXPORT	8	9
SB ABADIA RUBI TP4 0,33 PAL RET	10	9
SUPER BOCK TP 6 0,25 EXPORT	8	6
CRISTAL TP 6 0,33	7	6
SUPER BOCK TP 0,33 TEN-PACK	9	9
SB SEM ALCOOL TR 0,33	8	4
SB GREEN TP 6 0,33	10	14
CRISTAL TP 0,33 EXPORT	6	7
CRISTAL TP 0,33 EXPORT	4	7
SUPER BOCK TP 6 0,25 EXPORT	8	14
SUPER BOCK TP 0,25 EXPORT.	8	14
SUPER BOCK TP 0,25 EXPORT.	8	13
SB ABADIA GOLD TP4 0,33	10	10
SUPER BOCK TP 0,25 EXPORT.	9	10
SUPER BOCK TP 0,25 EXPORT.	8	9
SB ABADIA RUBI TP4 0,33	9	9
SB ABADIA TP6 0,33	14	19
CARLSBERG TP 0,25 CLUB EXPORT	10	10
CRISTAL TP 0,33 EXPORT	6	10
SUPER BOCK TP 6 0,25 EXPORT	9	8
CRISTAL TP 0,33 EXPORT	4	6
MARINA TP 6 0,33	6	6
SB GREEN TR 0,33	8	7

Decidiu-se efectuar um estudo ao SO₂ de fermentação, observar se as amostras estavam a ser bem tiradas. Os técnicos devem ter um cuidado especial na tiragem desta amostra, tais como encher a garrafa o mais lentamente possível para evitar a formação de espuma, encher a garrafa completamente para eliminar o oxigénio na garrafa, não agitar a amostra e após recolha guardar de imediato no frio. Percebeu-se que as amostras eram tiradas às 8 h 30 e eram analisadas por volta das 11 h. Esta diferença de horário pode ser significativa dado que durante este tempo pode-se perder SO₂.

Efectuou-se um ensaio em que as amostras eram tiradas no horário normal e retiradas novamente, por volta das 11 h, pouco antes da análise. De seguida são apresentadas as diferenças entre os valores de fermentação, em diferentes horários, tabela 16.

Tabela 16 - Amostras para SO₂ de cubas de fermentação, tiradas em diferentes horários.

Cuba	1ªAmostra/8 h 30 SO ₂ (mg/l)	2ªAmostra/11 h SO ₂ (mg/l)
41	5	7
53	7	9
44	6	7
77	6	8
13	6	7
14	7	7
18	18	23
45	19	24
81	6	8
89	3	3

Como se pode verificar pela análise da tabela acima, os valores mostram diferenças significativas. Este facto influencia os valores de SO₂ em produto acabado, dado que os valores de fermentação de SO₂ são a base de cálculo para determinar a quantidade de KMS a ser adicionada na etapa de filtração.

O actual local de adição do KMS é junto com o kieselghur novo no tanque de dosagem. Os técnicos pesam a quantidade necessária de KMS, calculada pelas fórmulas de diluição baseadas no valor de SO₂ obtido na amostra de fermentação e adicionam directamente no tanque de dosagem do kieselghur novo. Principalmente na linha Schenk, que também usa kieselghur regenerado, o tanque nem sempre é introduzido todo no mesmo TCF, a quantidade de KMS é calculada para um TCF, logo se o KMS não for introduzido na totalidade no TCF haverá uma discrepância entre os resultados obtidos e calculados. Ainda se pode inferir que ao introduzir o KMS com o kieselghur, acaba por algum deste ficar retido no mesmo.

Decidiu-se mudar o local de adição do KMS de forma a otimizar o processo. Tínhamos como alternativa os tanque de aditivos, mas estes possuem alguns inconvenientes como o

facto de não poderem ser usados em simultâneo nos dois filtros e a grande dimensão dos tanques e das linhas até ao filtro, relativamente à pequena quantidade de KMS que geralmente é adicionada, no máximo de 3 kg.

Efectuou-se um ensaio em que, com a ajuda de um pequeno bidão e utilizando a bomba de dosear o extracto de lúpulo que nos permite corrigir o amargor na cerveja, adicionou-se o KMS em solução aquosa à saída do kieselghur. Os resultados obtidos do teor de SO₂ em produto acabado da cerveja em que se efectuou o ensaio, foram valores concordantes com a adição de KMS.

Decidiu-se então mudar o local de adição do KMS para a saída do kieselghur, mas para isso é necessária a construção de um pequeno tanque, de forma a introduzir o KMS neste local. Implica um investimento para adquirir um pequeno tanque com agitador e uma bomba doseadora para introduzir a solução de KMS na cerveja.

4 Conclusões

Este projecto de desenvolvimento teve como objectivos principais a melhoria da turvação total na Super Bock, optimização da regeneração do PVPP e a regularização do teor em SO₂ da cerveja.

No que se refere à melhoria da turvação total da Super Bock, concluiu-se que a retenção de polifenóis no filtro PVPP não ocorria de acordo com o esperado. Verificou-se que esta anomalia estava relacionada com concentração de hidróxido de sódio usada na regeneração do PVPP ser muito baixa. Ao aumentar lentamente a concentração de soda no tanque de alimentação até 2,2 % (p/p) observou-se de imediato melhoria na turvação total. Verificou-se que para uma concentração no tanque de alimentação 2,2 % (p/p) em soda, a concentração desta na operação de regeneração do PVPP era cerca de 1,3 % (p/p), valor dentro dos limites recomendáveis para esta operação.

Relativamente ao estudo da linha de filtração Schenk, verificou-se que a passagem do PVPP do filtro para o tanque doseador era pouco eficiente. Desta forma os parâmetros de controlo desta operação tiveram de ser optimizados de forma a minimizar as perdas de PVPP. Nesta linha foi ainda optimizado o consumo de água quente, usada no deslocamento da soda presente no filtro de PVPP. Foi também corrigida, reduzida, a pressão de CO₂ na neutralização da soda retida no filtro PVPP.

Na linha Orion verificou-se que uma parte significativa de PVPP ficava retida no tanque doseador, não sendo transferido para o filtro. Deste modo optimizaram-se as condições operatórias de forma a ultrapassar este problema. Foi ainda optimizada a etapa de neutralização, reduzindo o tempo de contacto da água carbonatada com o PVPP, uma vez que verificou que o pH estava demasiado ácido.

Verificou-se que a fracção mássica da suspensão de PVPP presente nos tanques doseadores das linhas Schenk e Orion estava abaixo do valor desejável. Este valor é de 10 % (p/p), enquanto os valores lidos foram de 3,7 % e 5,3 %, respectivamente. Procedeu-se deste modo, à adição de PVPP em pó nos tanques doseadores de forma a corrigir a concentração em PVPP.

No que se refere à regularização do teor em SO₂ da cerveja verificou-se que os valores obtidos e os esperados não eram iguais. Verificou-se a existência de uma série anomalias que justificam esta disparidade. Em primeiro lugar a forma como era feita a recolha das amostras para analisar e a forma de analisar. Por outro lado, verificou-se que o local de adição do KMS para correcção da concentração de SO₂ não era o mais apropriado. Após corrigir as duas

primeiras anomalias concluiu-se que o sistema passou a apresentar valores mais razoáveis em SO₂.

Finalmente, podemos concluir que o diagnóstico realizado às duas linhas de filtração e as medidas correctivas implementadas resolveram os problemas objecto do presente projecto.

5 Avaliação do trabalho realizado

5.1 Objectivos Realizados

Os objectivos propostos neste projecto foram concretizados com sucesso. Foram implementadas medidas que resolveram os problemas de turvação total, mantendo os valores abaixo do limite máximo permitido. No que se refere ao teor de SO₂ da cerveja, os valores melhoraram significativamente.

5.2 Outros Trabalhos Realizados

No presente projecto foram efectuadas algumas alterações de menor importância, que não faziam parte necessariamente do projecto, que são apresentadas a seguir:

- A válvula V262 estava a dar passagem de cerveja para o tanque doseador de PVPP, foi substituída, na linha Schenk.
- As válvulas V241 e V244 foram revistas porque estavam a dar passagem de cerveja sem passar no PVPP, na linha Schenk.
- A válvula V3108 estava a dar passagem de cerveja para o tanque doseador de PVPP foi substituída, na linha Orion.

5.3 Apreciação final

O desenvolvimento deste projecto na Unicer - Centro de Produção de Leça do Balio foi uma grande experiência pessoal e profissional que contribuiu significativamente para a aprendizagem de novos conhecimentos e novas competências.

O projecto tornou-se muito importante para a aplicação de conhecimentos adquiridos ao longo do Mestrado Integrado em Engenharia Química. O projecto foi uma constante aprendizagem e um desafio ao conhecimento adquirido durante o curso.

O ambiente de trabalho foi excelente, contribuindo para uma melhor aprendizagem.

Referências

1. European Brewery Convention and Fachverlag Hans Carl - Manual of Good Practice, *Beer Filtration, Stabilisation and Sterilisation* (1999)
2. Charles W. Bamforth, Department of Food Science and Technology, University of California, Davis. *Beer haze* (1999)
3. R. Schlenker, S. Thoma, D.Oechsle, Waldstetten, Brauwelt International. *Beer stabilization with recycled PVPP - state-of-the-art* (2000)
4. Carpentier B., *Influence of the trub content of the pitching wort on yeast by-product synthesis*, Proceedings of the 3rd Scientific and Technical Convention, The Institute of Brewing Central and Southern African Section (1991)
5. Ilett D.R. - *Aspects of the Analysis, Role and Fate of Sulphur dioxide in Beer* (1995)

ANEXOS

Anexo A - Materiais e Métodos - Turvação total

1. Objectivo e Campo de Aplicação

Definir o método de análise para a determinação da turvação total da cerveja.

Esta Instrução aplica-se sempre que seja necessário determinar a turvação total da cerveja já embalada em garrafa ou lata.

2. Referências

Analytica EBC, 1998, Method 9.30.

3. Princípio

As amostras são colocadas numa estufa a 60 °C com circulação forçada de ar, durante 5 dias. As amostras são depois arrefecidas a 0 °C durante 24 horas. A turvação é lida a 0 °C.

4. Reagentes/Meios de Cultura

Água desionizada ou destilada, isenta de turvação.

5. Equipamento

1. Estufa a 60 ± 1 °C, controlada termostaticamente e com circulação forçada de ar.
2. Banho de água alcoolizada a $0 \pm 0,5$ °C com recirculação.
3. Turbidímetro do tipo HZ-013, Lg-automatic aps.

6. Amostragem/Preparação das Amostras

N/A

7. Técnica

A. TURVAÇÃO TOTAL

1. Colocar as garrafas (mínimo 2) na estufa a 60 °C durante 5 dias.
2. Retirar e deixar cerca de 1 hora à temperatura ambiente.
3. Mergulhar no banho a 0 °C durante 24 horas.
4. Colocar água a 0 °C, isenta de turvação, na câmara de leitura.
5. Transvasar a cerveja (mínimo 140 ml) para a cuvete, previamente colocada a 0 °C, e de imediato colocar a cuvete na câmara de leitura.

No caso das cervejas escuras (> 50 EBC), deve efectuar-se uma diluição adequada com água a 0 °C.

6. Ligar o botão "ON" e efectuar a leitura, em unidades EBC.

B. TURVAÇÃO PERMANENTE A 20 °C

1. Colocar as garrafas lidas a 0 °C no banho de água a 20 °C, durante 30 minutos.
2. Colocar água a 20 °C, isenta de turvação, na câmara de leitura do aparelho.
3. Retirar as garrafas do banho a 20 °C e efectuar as leituras.

8. Expressão dos Resultados

1. Cálculos

Calcular as turvações pela fórmula:

$$T = L \times D$$

onde:

T = Turvação, em unidades EBC

L = Leitura efectuada no turbidímetro

D = Factor de diluição

2. Apresentação

Em ambos os casos, apresentar os resultados com uma casa decimal, se a turvação for inferior a 10 e arredondando às unidades, se a turvação for superior a 10.

3. Registo

Efectuar os registos no sistema informático.

Anexo B - Materiais e Métodos - Dióxido de Enxofre

1. Objectivo e Campo de Aplicação

Definir o método de análise para a determinação do dióxido de enxofre (SO₂) na cerveja.

Esta Instrução aplica-se sempre que seja necessário determinar o SO₂ em cerveja clara (< 20 unidades EBC).

2. Referências

J. De Clerck, volume II.

3. Princípio

A medição da cor devolvida ao cloridrato de p-rosanilina, descorada pelo ácido.

4. Reagentes/Meios de Cultura

1. Água destilada ou desionizada (mínimo grau 3 - ISO 3696: 1987).
2. Álcool octílico (C₈H₁₈O) (anti-espumante).
3. Ácido clorídrico (HCl), d = 1,19.
4. Solução de p-rosanilina

Colocar 100 mg de cloridrato de p-rosanilina (Chroma 1B 297 ou equivalente) num balão graduado de 250 ml e dissolvê-los em 200 ml de água destilada, fervida e arrefecida. Adicionar 20 ml de ácido clorídrico (HCl), d = 1,19, e completar com água fervida e arrefecida. Misturar e esperar, pelo menos, 15 minutos à temperatura ambiente antes de utilizar.

Advertência: Usar luvas na preparação deste reagente (produto considerado cancerígeno).

5. Solução de formaldeído (HCHO)

Diluir 1,5 ml de formaldeído (HCHO) a 40% a 250 ml com água destilada fervida e arrefecida.

6. Solução mercúrica de estabilização

Dissolver 27,2 g de cloreto mercúrico (Hg₂Cl₂) e 11,7 g de cloreto de sódio (NaCl) em água e levar a 1 litro, com água fervida e arrefecida.

7. Solução de hidróxido de sódio, $c(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol/l}$.

8. Solução de amido

Empastar 0,5 g de amido em 2 ml de água, adicionar 98 ml de água, levar à ebulição durante 5 min, com agitação, e arrefecer. Decantar o sobrenadante e usar somente a solução límpida.

9. Solução de ácido sulfúrico, $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,05 \text{ mol/l}$.

10. Solução de iodo, $c(\text{I}_2) = 0,025 \text{ mol/l}$.

11. Solução de iodo, $c(\text{I}_2) = 0,050 \text{ mol/l}$.

12. Solução de tiosulfato de sódio, $c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,1 \text{ mol/l}$.

13. Soluções de metabissulfito de sódio

Doseamento prévio:

- a) Dissolver 200 mg de metabissulfito de sódio (Na₂S₂O₅) em 50 ml de solução de iodo, $c(\text{I}_2) = 0,05 \text{ mol/l}$, num matraz rolhado.
- b) Deixar repousar 5 minutos.
- c) Adicionar 1 ml de HCl concentrado.
- d) Titular o excesso de iodo com a solução de tiosulfato, na presença da solução de amido. Cada ml de iodo consumido corresponde a 3,203 mg de SO₂.

A. Solução-mãe de SO₂

Com base no doseamento feito, preparar uma solução contendo 10 mg/ml de SO₂.

B. Solução-padrão de SO₂

Pipetar 100 ml da solução estabilizadora para balão volumétrico de 500 ml.

Adicionar 1,0 ml da solução A, levar ao volume e homogeneizar.

1,0 ml dessa solução contém 20 µg de SO₂.

5. Equipamento

1. Pipetas volumétricas de 5, 10, 15 e 25 ml.
2. Matrizes de rolha de 250 ml.
3. Balões volumétricos de 50, 100 e 500 ml.
4. "Pompete" (bolbo aspirador).
5. Bureta de 50 ml graduada a 0,05 ml.
6. Banho-maria a 25 °C.
7. Espectrofotómetro a 550 nm com cuvetes de 10 mm.

8. Pipetas graduadas de 1 e 2 ml.

6. Amostragem/Preparação das Amostras

As amostras devem ser colocadas no frigorífico até ao momento da análise. Esta deverá ser efectuada dentro de uma semana.

7. Técnica

A. CALIBRAÇÃO

1. Pipetar 10 ml de cerveja fria, não desgaseificada, à qual foi adicionado 2 gotas de álcool octílico, para oito balões de 100 ml (utilizar cerveja contendo pouco SO₂). Juntar 0 , 1,0 , 2,0 , 3,0 , 4,0 , 5,0 , 6,0 e 8,0 ml da solução B, correspondendo respectivamente a 0 , 20 , 40 , 60 , 80 , 100 , 120 e 160 µg de SO₂.
2. Completar cada balão com água e misturar bem.
3. Pipetar 25 ml de cada uma destas diluições para uma série de balões de 50 ml.
4. Adicionar 5 ml de reagente corante e misturar, por rotação.
5. Adicionar 5 ml de solução de formol, misturar de novo, completar com água destilada e homogeneizar.
6. Colocar no banho-maria a 25 °C durante 30 minutos. Medir a absorvência a 550 nm, relativamente à água destilada. Traçar a recta de calibração.

B. DOSEAMENTO

I - SO₂ Total

1. Para balão de 100 ml, introduzir 2 ml de reagente estabilizador e 5 ml da solução de ácido sulfúrico.
2. Adicionar 10 ml de cerveja fria, não desgaseificada, por proveta à qual se juntou 1 gota de álcool octílico e misturar, por rotação lenta do balão.
3. Adicionar 15 ml da solução de hidróxido de sódio e misturar da mesma maneira.
4. Deixar repousar 15 segundos.
5. Adicionar 10 ml da solução de ácido sulfúrico, completar com água e misturar bem.
6. Pipetar 25 ml desta solução para balão de 50 ml.
7. Adicionar 5 ml de reagente corante e misturar
8. Adicionar 5 ml da solução de formol, misturar, completar com água e homogeneizar bem.

9. Colocar no banho-maria a 25 °C durante 30 minutos. Ler a absorvência no espectrofotómetro a 550 nm, relativamente ao Ensaio a Branco.

II - SO₂ Livre

1. Para balão de 100 ml, introduzir 10 ml de cerveja fria, não desgaseificada, por proveta à qual se juntou 1 gota de álcool octílico, levar ao volume com água e misturar.
2. Pipetar 25 ml desta solução para balão de 50 ml.
3. Adicionar 5 ml de reagente corante e misturar.
4. Adicionar 5 ml da solução de formol, misturar, completar com água e homogeneizar bem.
5. Colocar no banho-maria a 25 °C durante 30 minutos.
6. Ler a absorvência a 550 nm, no espectrofotómetro, relativamente ao ensaio a branco.

C. ENSAIO A BRANCO

1. Para balão de 100 ml, introduzir 10 ml de cerveja fria, não desgaseificada, por proveta à qual se adicionou 1 gota de álcool octílico.
2. Adicionar 0,5 ml de amido e solução de iodo, $c(I_2) = 0,025 \text{ mol/l}$, gota a gota, até se obter uma cor azulada persistente.
3. Adicionar uma gota em excesso, levar ao volume com água e misturar.
4. Deixar a cor azul desaparecer.
5. Pipetar 25 ml desta solução para balão de 50 ml.
6. Adicionar 5 ml de reagente corante e misturar.
7. Adicionar 5 ml da solução de formol, misturar, completar com água e homogeneizar.
8. Colocar no banho-maria a 25 °C durante 30 minutos.

8. Expressão dos Resultados

1. Cálculos

Calcular o teor de SO₂ na cerveja pela fórmula:

$$S = F \times A$$

onde:

$$S = \text{SO}_2, \text{ em mg/l}$$

$$F = \text{Factor obtido da recta de calibração}$$

A = Absorvência da amostra

2. Apresentação

Apresentar os resultados sem casas decimais.

3. Registo

Efectuar os registos no sistema informático.

Anexo C - Materiais e Métodos - Concentração de Hidróxido de Sódio

1. Objectivo e Campo de Aplicação

Definir o método de análise para a determinação da concentração do hidróxido de sódio na solução de detergência alcalina.

Esta Instrução aplica-se sempre que seja necessário determinar a concentração do hidróxido de sódio na solução de detergência alcalina.

2. Referências

N/A

3. Princípio

As soluções de detergência alcalina são preparadas com "soda cáustica a 50%", com uma concentração de hidróxido de sódio próxima de 50%.

- Precipitação dos carbonatos, eventualmente presentes, pelo cloreto de bário.
- Titulação da amostra com um ácido forte de concentração conhecida, usando a fenolftaleína como indicador.

4. Reagentes/Meios de Cultura

1. Água destilada ou desionizada (mínimo grau 3 - ISO 3696:1987).
2. Solução de cloreto de bário

Dissolver 200 g de cloreto de bário (BaCl₂) ou 235 g de (BaCl₂ .2H₂O) em água e levar a 1000 ml.

3. Solução de ácido clorídrico, c(HCl) = 1,0 mol/l.
4. Solução de fenolftaleína (indicador)

Dissolver 5 g de fenolftaleína em 500 ml de álcool etílico e diluir com 500 ml de água. Filtrar se for necessário.

5. Equipamento

1. Bureta de 25 ml graduada a 0,1 ml.
2. Matraz de 100 ml.
3. Pipeta volumétrica de 20 ml.
4. Pipeta graduada de 10 ml.
5. Conta-gotas.

6. Amostragem/Preparação das Amostras

N/A

7. Técnica

1. Pipetar, com "pompete", 20 ml de amostra para matraz de 100 ml.
2. Adicionar 10 ml da solução de cloreto de bário, homogeneizar e deixar repousar 2 minutos. 1 -
3. Adicionar 2 gotas da solução de fenolftaleína.
4. Titular com a solução de ácido clorídrico até descoloração.

8. Expressão dos Resultados

1. Cálculos

Calcular a concentração de hidróxido de sódio pela fórmula:

$$H = V \times 0,2$$

onde:

H = Hidróxido de sódio, em % (m/m)

V = Volume de solução de ácido clorídrico, em ml

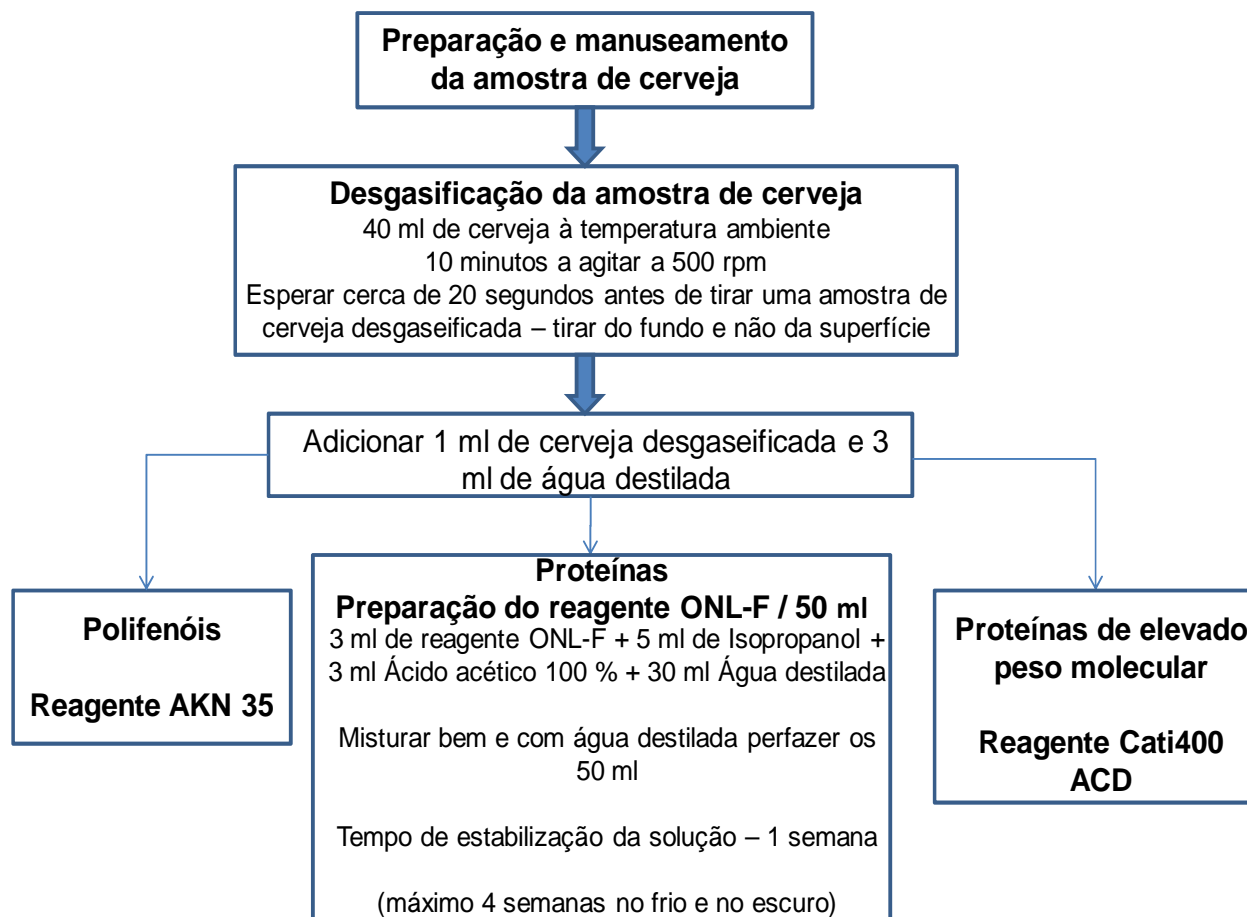
2. Apresentação

Apresentar os resultados com uma casa decimal.

3. Registo

Efectuar os registos no S.I.

Anexo D - Equipamento PPT2000: Preparação das amostras para ser lidas no equipamento



Anexo E - Fotos da Instalação da Etapa de Filtração



Figura 12 - Instalação da etapa de filtração na fábrica.

Anexo F - Filtro de PVPP da linha Schenk



Figura 13 -Filtro de PVPP da linha Schenk.

Anexo G - Filtro de PVPP da linha Orion



Figura 14 - Filtro de PVPP da linha Orion.

Anexo H - Sala de Controlo

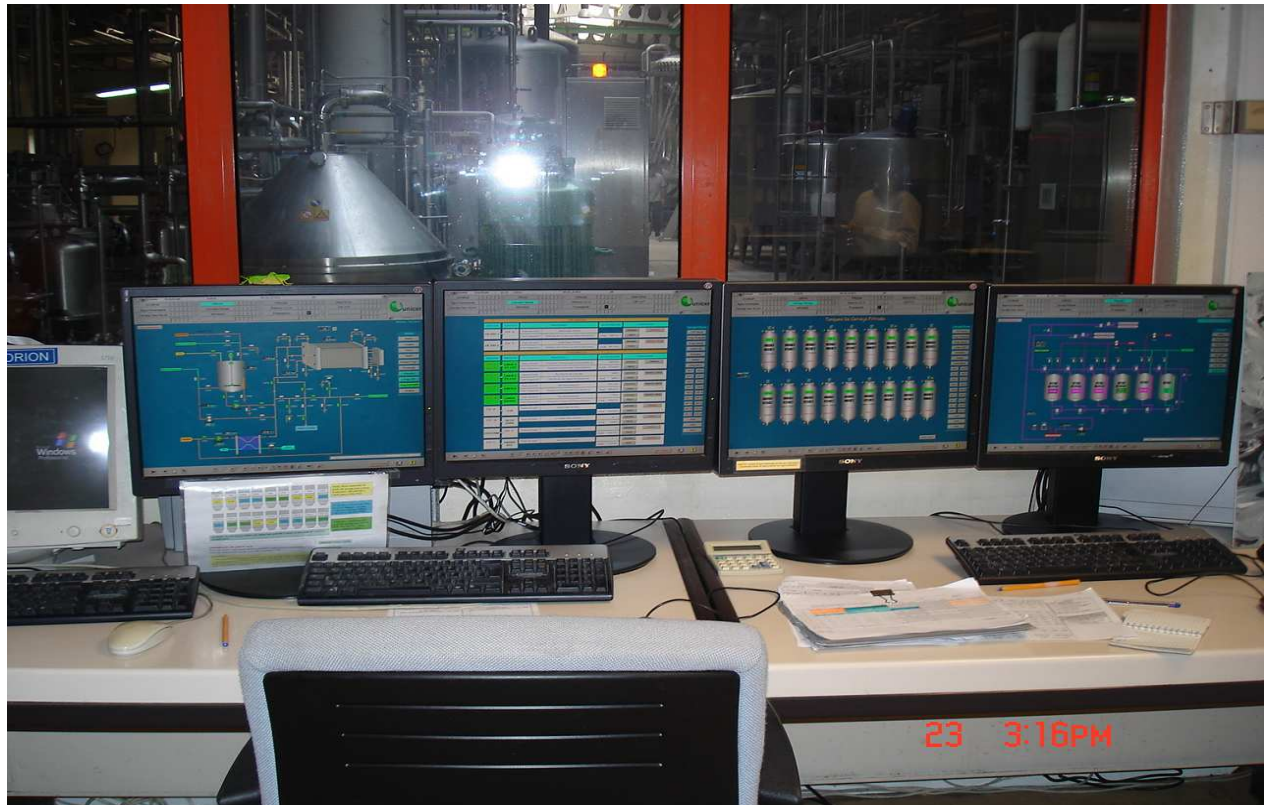


Figura 15 - Sala de controlo das adegas.

Anexo I - Filtro PVPP da linha Orion

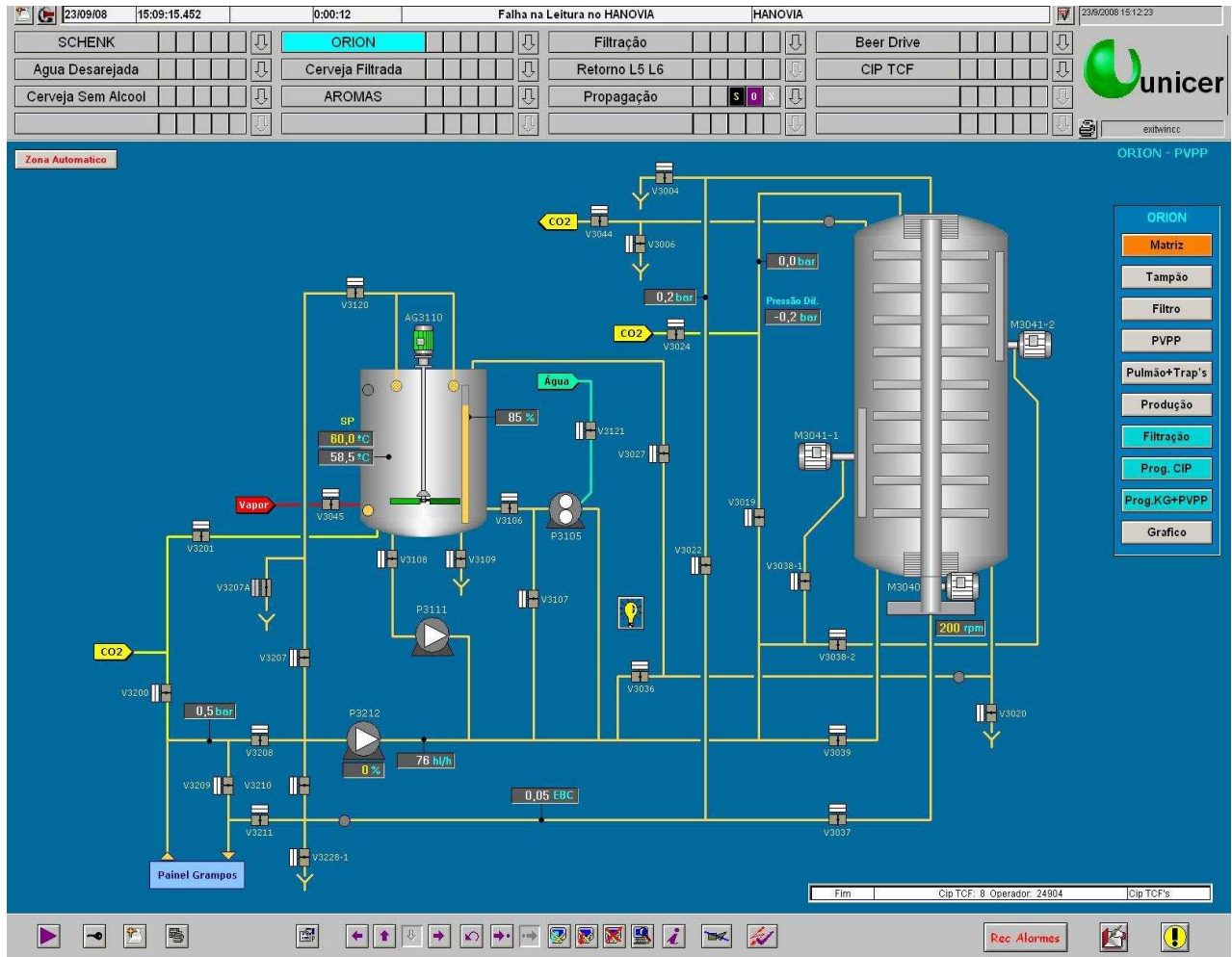


Figura 16 - Imagem do autômato do filtro de PVPP da linha Orion.

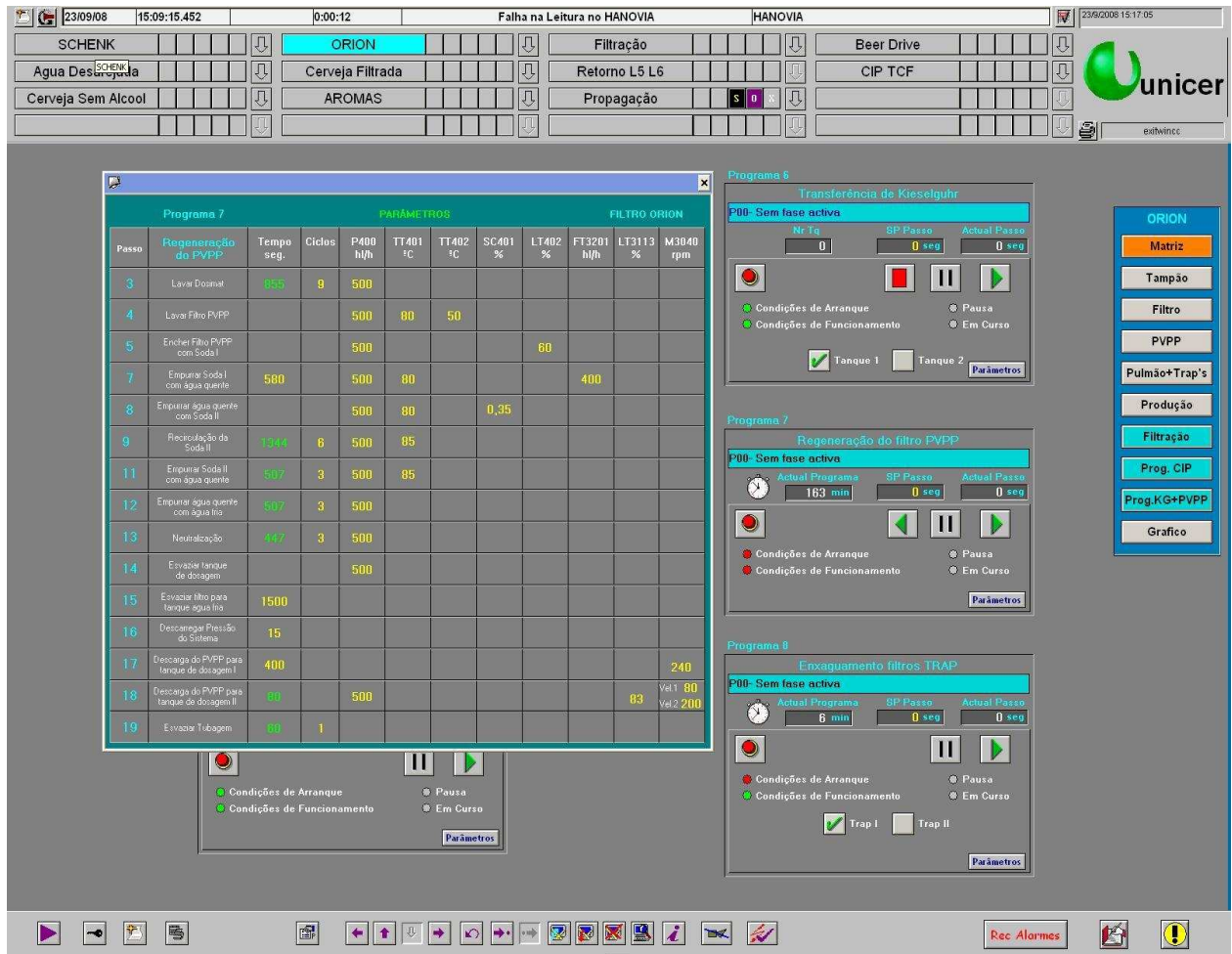


Figura 17 - Programa da regeneração do filtro de PVPP da linha Orion.

Anexo J - Filtro PVPP da linha Schenk

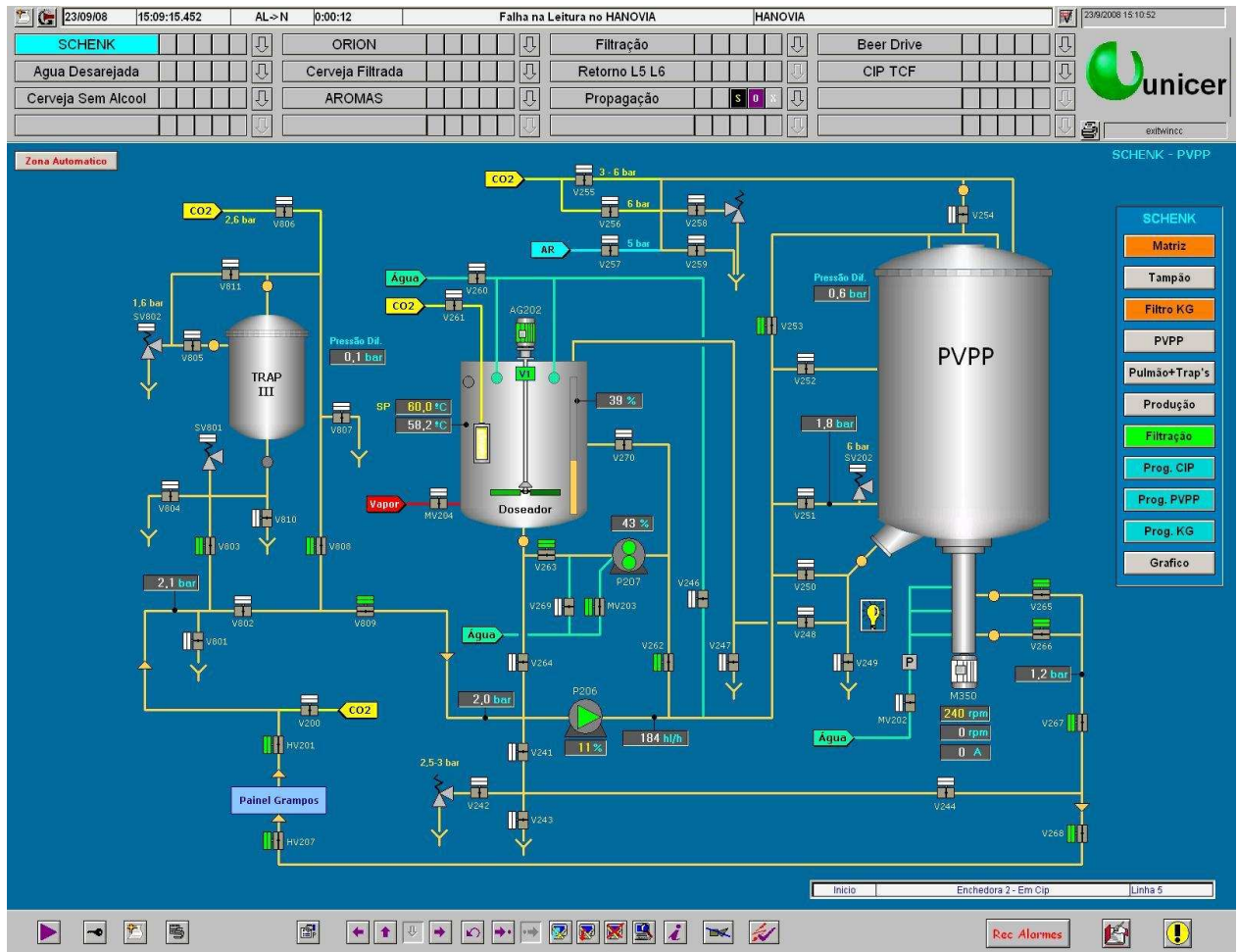


Figura 18 - Imagem do autômato do filtro de PVPP da linha Schenk.

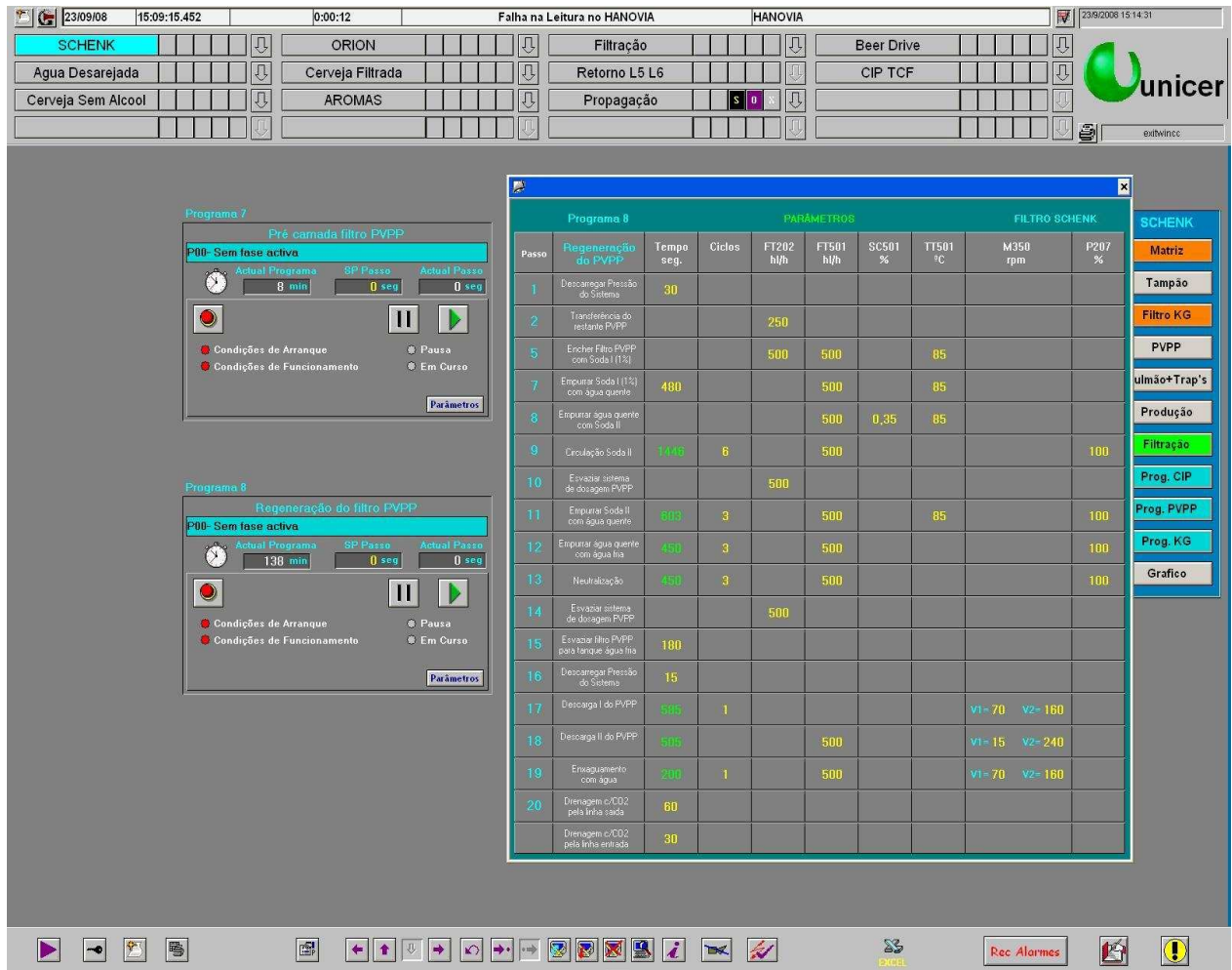


Figura 19 - Programa da regeneração do filtro de PVPP da linha Schenk.