

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA E BIOQUÍMICA



**Ciências
ULisboa**

**Implementação de controlo metrológico na Hempel Portugal
com vista ao aumento de rendimento de produção e redução de
resíduos**

Leonor da Silva Coelho Borbinha

Mestrado em Química Tecnológica

Dissertação orientada por
Prof. Doutora Filomena Martins (FCUL)

2020

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA E BIOQUÍMICA



**Ciências
ULisboa**

**Implementação de controlo metrológico na Hempel Portugal
com vista ao aumento de rendimento de produção e redução de
resíduos**

Leonor da Silva Coelho Borbinha

Mestrado em Química Tecnológica

Dissertação orientada por
Prof. Doutora Filomena Martins (FCUL)
e supervisionada por
Eng. Pedro Bernardo e Dra. Tânia Silva (Hempel Portugal)

2019/2020

Agradecimentos

Em primeiro lugar, quero agradecer à minha orientadora Prof. Doutora Filomena Martins por me orientar academicamente (e não só) desde fevereiro de 2018 e por acreditar sempre no meu trabalho ao longo destes últimos anos. Estou convicta que o seu apoio e disponibilidade constantes foram um fator decisivo no decorrer de todo este trabalho.

Em segundo lugar, quero agradecer aos meus supervisores: Engenheiro Pedro Bernardo e Dra. Tânia Silva por me terem acolhido e supervisionado ao longo deste ano na Hempel Portugal.

Em terceiro lugar, quero agradecer a todos os colaboradores da Hempel Portugal, mas especialmente à Engenheira Cláudia Lourenço, à Engenheira Inês Pereira, ao Engenheiro Fábio Marques e à Doutora Elsa Soares por todo o auxílio prestado no decorrer deste projeto.

Gostaria, também, de agradecer à minha família por todo o apoio dado, especialmente nestes 5 últimos anos e por todo os esforços que fazem diariamente por mim. Apesar de todos terem uma grande importância na minha vida quero destacar um membro, a Ana. Foi a principal responsável pelo meu gosto pela área da ciência. Para além de despertar o meu lado “científico” também me motivou e apoiou nas alturas mais críticas do meu percurso académico. É sem dúvida uma inspiração que levarei sempre comigo.

Este estágio foi um desafio para mim, por ter sido colocada inúmeras vezes fora da minha zona de conforto e confrontada com situações novas quase diariamente. Não foi de todo um ano fácil quer a nível académico quer a nível pessoal e, desta forma, queria agradecer especialmente ao meu namorado que me incentivou sempre a ser melhor e a nunca desistir de atingir os meus objetivos e que me fez ver sempre as coisas de uma maneira positiva. Sem o seu apoio, amor e disponibilidade constante seria certamente mais difícil ultrapassar as adversidades com que me deparei diariamente.

A execução desta dissertação foi, também, facilitada com o apoio diário dos meus amigos mais chegados e a todos eles agradeço o apoio recebido. Quero agradecer sobretudo à Beatriz Pena, à Ana Martins, à Inês Vale, à Beatriz Cambaio, à Beatriz Carrancho e ao Eduardo Lay.

Para finalizar, quero agradecer às duas “casas” onde trabalhei direta e indiretamente ao longo deste ano: a Hempel Portugal e a Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Resumo

Este projeto teve início em novembro de 2019 terminou em novembro de 2020. Todo o trabalho foi realizado nas instalações fabris da Hempel (Portugal) S.A, que se situam em Vale de Cantadores, Palmela. Devido à situação pandémica que atravessamos foi necessário efetuar uma interrupção no estágio, que durou cerca de 3 meses.

Os objetivos deste trabalho foram a implementação de controlo metrológico nas linhas de enchimento da Hempel Portugal, com vista ao aumento de rendimento da produção e do enchimento de tintas, o acompanhamento do processo de controlo de qualidade das tintas Hempel e o levantamento das condições necessárias para ser concedida uma certificação de produto.

Na primeira parte do trabalho, foram instaladas balanças de controlo de massa com o objetivo de rastrear a massa dos produtos embalados, e dada formação aos operadores das linhas de enchimento, para possibilitar o manuseamento das balanças implementadas.

Na segunda parte do trabalho foi estabelecida uma estratégia para aumentar o rendimento da produção de tintas recorrendo ao controlo rigoroso das massas das matérias primas e à escolha correta dos *dissolvers* e tanques de acabamento consoante os produtos a fabricar.

Na terceira parte do trabalho foram feitas várias análises a tintas, previamente produzidas, com o intuito de acompanhar todo o processo de controle de qualidade das mesmas.

Finalmente, foi feita uma pesquisa referente à possível certificação de produtos com o intuito de incorporar uma marca de conformidade numa gama de produtos da Hempel cuja massa não excedesse os 10 kg.

Palavras-chave: Controlo metrológico; Rendimento de produto; Controlo de qualidade; Certificação de produto; Marca de conformidade; Hempel.

Abstract

This project started in November 2019 and ended in November 2020. All the work was carried out at the manufacturing facilities of Hempel (Portugal) S.A, which are located in Vale de Cantadores, Palmela. Due to the pandemic situation, we are currently going through, it was necessary to make an interruption on the internship that lasted for about 3 months.

The objectives of this work were the implementation of metrological control in Hempel's filling lines, in order to increase the yield of paint production and filling, the monitoring of the quality control process of some Hempel paints and the identification of the conditions needed for granting a product certification.

In the first part of the work, new weight control scales were implemented to monitor the mass of packaged products. For the first part to be carried out successfully, it was necessary to train the operators of the filling lines.

In the second part, a strategy was followed to increase the yield of ink production using a strict control of the masses of raw materials, and to correctly choose the reactors according to the products to be manufactured.

In the third part, several analyses were made to the various produced paints, in order to monitor the entire quality control process.

Finally, a study was carried out on the possible certification of products in order to incorporate a compliance mark into a range of Hempel products whose weight does not exceed 10 kg.

Keywords: Metrological control; Product yield; Quality control; Product certification; Compliance mark; Hempel.

Glossário de símbolos e abreviaturas

A_i – Tinta *antifouling*

Antifouling - Tinta anti-incrustante

APT - Associação Portuguesa de Tintas

DGS – Direção Geral da Saúde

Dissolver - Dispersante

“e” – Marca de conformidade

EAD – Erro admissível por defeito

EPI – Equipamento de proteção individual

ETAR – Estação de tratamento de águas residuais

h – Horas

I_i – Tinta intermediária

IPQ – Instituto Português da Qualidade

ISO – Organização Internacional de Normalização

ISQ - Instituto de Soldadura e Qualidade

Nm^3 - Normal metro cúbico

NP – Norma portuguesa

OHSAS - Norma britânica para sistema de gestão de segurança e saúde ocupacional (*Occupational Health and Safety Management System*)

OVM - Organismos de Verificação Metroológica

P_i – Tinta primária

P_L – Tinta primária produzida

Q_n - Quantidade nominal

Rework – Reutilização de produto não comercializado

S – Tinta com elevados teores de sólidos

Supply chain - Cadeia de produção e fornecimento

TA_i – Tinta de acabamento

TA_L – Tinta de acabamento produzida

T_g – Temperatura de transição vítrea

VIML - Vocabulário Internacional de Metrologia

VOC's – Compostos orgânicos voláteis (*volatile organic compounds*)

η - Rendimento

Índice

Agradecimentos.....	III
Resumo.....	V
Abstract.....	VII
Glossário de símbolos e abreviaturas.....	IX
1. Introdução	1
1.1. História das tintas	1
1.2. Conceitos gerais sobre tintas	3
1.3. Composição das tintas	5
1.3.1. Pigmentos	5
1.3.2. Cargas	5
1.3.3. Aditivos	6
1.3.4. Resinas	6
1.3.5. Solventes.....	7
1.4. Materiais poliméricos e tintas.....	7
1.5. Controlo de qualidade nas tintas	8
1.6. Setor industrial das tintas	8
2. Hempel – A empresa	11
2.1. História	11
2.2. Hempel Portugal	12
2.2.1. Produção das tintas	13
3. Objetivos	15
3.1. Produção e enchimento	15
3.2. Controlo de qualidade	17
3.3. Certificação de produto	18
4. Material utilizado e procedimentos	19
4.1. Produção	19
4.1.1. Moínho de esferas - máquina para moagem.....	19
4.2. Enchimento.....	20
4.2.1. VARPE 2000- controladora de peso.....	20
4.2.2. Controladora de peso adjacente à linha.....	21
4.3. Controlo de qualidade	21
4.3.1. Grau de moagem/finura	21
4.3.2. Determinação da viscosidade	22
4.3.3. Determinação do brilho especular	23
4.3.4. Determinação da resistência ao escorrimento.....	23
4.3.5. Determinação do tempo de secagem.....	24
4.3.6. Determinação do tempo de vida	25
4.3.7. Determinação do teor de sólidos.....	26
4.3.8. Determinação da tensão superficial	27
4.3.9. Determinação da densidade	27

5. Resultados e discussão.....	29
5.1. Produção	29
5.1.1. Produtos 95880 00000 e 17360 50630.....	29
5.1.2. Produto 89909 59161	31
5.2. Enchimento.....	32
5.2.1. Implementação das VARPES e resultados das mesmas.....	32
5.2.2. Comparação entre a balança da linha e as VARPES.....	38
5.3. Controlo de qualidade	41
5.3.1. Produção de tintas.....	41
5.3.2. Controlo de qualidade	44
6. Certificação de produto - marca de conformidade	47
6.1. Obtenção de marca de conformidade	48
7. Saúde, Segurança e Ambiente.....	51
7.1. Sustentabilidade	51
7.1.1. Consumo de eletricidade	51
7.1.2. Resíduos.....	52
7.2. Emissões atmosféricas	56
7.3. Efluentes líquidos.....	57
7.4. Segurança e Saúde no trabalho	57
7.4.1. Equipamentos de proteção individual (EPI's)	57
7.4.2. Segurança no trabalho com o aparecimento do SARS-CoV-2.....	57
8. Conclusões e perspetivas futuras	59
9. Bibliografia	61
Anexos.....	63

Índice de figuras

Figura 1.1- Pintura rupestre à esquerda e exemplo de utilização do azul do Egito à direita.	1
Figura 1.2 - Ilustração de tampas de tintas líquidas.	4
Figura 1.3- Exemplo de pigmentos	5
Figura 1.4- Cargas a atuar de forma a dificultar a difusão da humidade e do oxigénio.....	6
Figura 1.5- Exemplo do aspecto de uma resina.	6
Figura 1.6- Venda de tintas das 5 maiores empresas deste ramo em milhões de euros.	9
Figura 2.1-Jørgen Christian Hempel à esquerda e a sua primeira fábrica à direita.....	11
Figura 2.2-Logótipo da empresa Hempel.....	12
Figura 2.3-Fábrica da Hempel Portugal.	12
Figura 2.4-Esquema de produção de tintas na Hempel Portugal.	13
Figura 4.1-Seção horizontal de um moínho de esferas.	19
Figura 4.2-Seção transversal de um moínho de esferas.	20
Figura 4.3-Controladora de peso: VARPE.....	20
Figura 4.4-Modo operacional da balança adjacente à linha	21
Figura 4.5- Régua de finura.....	22
Figura 4.6- Leitura da dispersão dos pigmentos na régua.....	22
Figura 4.7- Modelo de viscosímetro utilizado: SHEEN 480 Kress viscometer.....	23
Figura 4.8- Medidor de brilho.	23
Figura 4.9- Placa de vidro com aplicação de uma tinta de cor vermelha para medição de escorrimento de uma tinta.	24
Figura 4.10- Aparelho de secagem Beck Koller e amostras.	24
Figura 4.11- Pormenor da placa com a tinta e marca do percurso da agulha.....	25
Figura 4.12- Secador BECK KOLLER e escala do mesmo.....	25
Figura 4.13- Exemplo de uma tinta de dois compostos deixada ao ar livre.....	26
Figura 4.14- Prato próprio para analisar a tinta e balança de determinação de sólidos.	26
Figura 4.15- Exemplo de um picnómetro de aço.	27
Figura 5.1-Rendimento do produto 95880 00000 em 2019 (pontos a azul) e 2020 (pontos a laranja).....	29
Figura 5.2- Rendimento do produto 17636 50630 em 2019 (pontos a azul) e 2020 (pontos a laranja).....	30
Figura 5.3- Rendimento do produto 89909 59161 em 2019 (pontos a azul), antes da implementação do moínho de esferas, e 2020 (pontos a laranja), após implementação do moínho de esferas.	31
Figura 5.4- Gráfico da percentagem de diferença entre as massas teóricas e as reais por enchimento da linha 8.	33
Figura 5.5-Gráfico da percentagem de diferença entre as massas teóricas e as reais por enchimento da linha 7.	33
Figura 5.6- Gráfico da percentagem de diferença entre as massas teóricas e as reais por enchimento da linha 8 após calibração da célula.	34
Figura 5.7- Gráfico da percentagem de diferença entre as massas teóricas e as reais por enchimento da linha 8 após reformatação da VARPE.	35
Figura 5.8- Gráfico da percentagem de diferença entre as massas teóricas e as reais por enchimento da linha 7 após calibração e mudança de célula.	36
Figura 5.9- Gráfico da percentagem de diferença entre as massas teóricas e as reais por enchimento da linha 8 após a reprogramação e configuração da controladora.....	37
Figura 5.10- Tinta P _L na misturadora após se colocar a primeira parte dos pigmentos.	41
Figura 5.11- Aspeto final da tinta P _L	42
Figura 5.12- Pigmentos utilizados na tinta T _{AL}	42
Figura 5.13- Simulação de um moínho de esferas na tinta T _{AL}	43

Figura 5.14- Aspeto final da tinta TAL.....	43
Figura 5.15- Exemplo de duas das tintas analisadas.	44
Figura 6.1-Exemplo gráfico das 3 regras do embalador	48
Figura 6.2-Grafismo da marca de conformidade.	49
Figura 7.1- 5 Objetivos do grupo Hempel.....	51
Figura 7.2- Gráfico de consumo de eletricidade em quilowatt-hora por 1000 litros de produto produzido em 2017, 2018 e 2019	52
Figura 7.3- Percentagem dos destinos finais dos resíduos no ano de 2019 em todas as fábricas do grupo Hempel.....	53
Figura 7.4- Percentagem relativa ao tipo de resíduos produzidos na Hempel Portugal.....	54
Figura 7.5- Gráfico da totalidade de resíduos, em quilogramas por 1000 litros de produto produzido, no primeiro semestre de 2019 e 2020 na fábrica de Portugal.	54
Figura 7.6- Destiladora de solvente Ofru.	55
Figura 7.7- Gráfico da totalidade de resíduos para aterro, em quilogramas por 1000 litros de produto produzido, no primeiro semestre de 2019 e 2020 na fábrica de Portugal.....	56

Índice de tabelas

Tabela 1.1- Top 5 empresas europeias de tintas e revestimentos e informação sobre o número de vendas, o nº de colaboradores e o nº de fábricas em produção.	9
Tabela 3.1- Informações relativas ao produto 95880 00000.....	15
Tabela 3.2- Informações relativas ao produto 17360 50630.....	15
Tabela 3.3-Tolerâncias de massa consoante as massas de enchimento.	16
Tabela 5.1- Média anual dos produtos 17636 50630 e 95880 00000.	30
Tabela 5.2- Registo de massas das duas balanças da linha para o produto 1.....	38
Tabela 5.3- Diferença de registo de massas entre as duas balanças das linhas de enchimento para todos os produtos analisados.	40
Tabela 5.4- Média da diferença dos massas registados por linha de enchimento.	40
Tabela 5.5- Valores obtidos nos testes mais gerais das 17 tintas analisadas.	45
Tabela 5.6- Valores obtidos nos testes mais específicos.	45
Tabela 6.1- Plano para controlo não destrutivo.....	48
Tabela 6.2- Erros admissíveis por defeito consoante a quantidade nominal.	49

1. Introdução

1.1. História das tintas

É na arte rupestre, que remonta ao período do paleolítico superior (aproximadamente entre 50.000 e 10.000 anos a.C.), que se encontra a primeira manifestação humana conhecida da utilização do que pode ser considerado hoje em dia uma tinta^{1,2}.

O homem utilizava esta arte para pintar maioritariamente os animais que caçava ou via, havendo também, embora raros, registos de figuras humanas. Estas pinturas foram realizadas em paredes, tetos e outras superfícies de cavernas ou abrigos rochosos, ou mesmo sobre superfícies rochosas ao ar livre. Adicionalmente foram descobertas provas de que os homens primitivos usaram tinta para fins estéticos, como pintura corporal^{1,2}.

Estas pinturas eram feitas maioritariamente a partir de óxidos de ferro naturais ou ocre vermelho. Esta manifestação artística viria assim a ser o início da utilização e confeção das tintas, dos pigmentos e dos vernizes^{1,2}.

Com a evolução e desenvolvimento desta arte haveria que aumentar e enriquecer o leque de cores e demais efeitos visuais. Esta necessidade levou à procura de novos materiais que permitissem o aparecimento de novas cores, brilhos e matizes conseguidas com a utilização dos mesmos não só na forma sólida (utilizando a terra ou pedras) mas também em pasta, o que corresponde ao aparecimento do conceito de pigmentos e vernizes³.

Entre os anos 8000 e 6000 a.C., surgiu no Egito uma cultura revolucionária em várias temáticas e bastante evoluída em questões tecnológicas, sendo uma das primeiras civilizações a entender a importância da proteção dos materiais. Os egípcios utilizavam óleos e bálsamos naturais como ligantes para proteger os seus “veículos terrestres” e os seus navios^{2,3}.

Os Egípcios tinham uma cultura que representava artisticamente factos quotidianos, políticos e religiosos, passando esta manifestação artística principalmente pela arte decorativa, nomeadamente nas pinturas de paredes, papiros manuscritos ou mesmo nos sarcófagos. Com o aperfeiçoamento desta arte surgiram os primeiros pigmentos sintéticos que começaram a ser usados cerca de 2000 anos a.C.



Figura 1.1- Pintura rupestre à esquerda e exemplo de utilização do azul do Egito à direita^{1,4}.

O primeiro pigmento sintético, produzido a partir de reações químicas, foi o azul do Egito que é composto por óxido de cálcio, sílica e cobre tendo a seguinte fórmula química: $\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$. Este pigmento foi muito importante pois, além de não ser obtido diretamente da natureza, foi o primeiro a sair dos tons naturais até aí utilizados - Figura 1.1^{2,4}.

Apesar do pigmento ter origem egípcia, a sua formulação foi desenvolvida e escrita por Vitruvius, arquiteto e engenheiro romano. As páginas dedicadas à cor são de

consulta obrigatória numa história técnica da arte, com capítulos dedicados às técnicas de revestimento das paredes e com a enumeração dos materiais usados na pintura mural Romana^{2,4}.

Em conjunto com o início da utilização de pigmentos sintéticos, os romanos desenvolveram e promoveram a utilização de diferentes pigmentos naturais especialmente adequados à pintura mural, devido à sua grande estabilidade química e tonalidade. Destes pigmentos naturais destacam-se o cinábrio (HgS), a azurite ($\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$) e a malaquite ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$)^{2,3}.

Após milhares de anos de utilização de tintas, estas ainda não tinham sido descritas de forma concreta e precisa. Estas substâncias foram descritas, no final do primeiro milénio d.C., como novas matérias por Rodgerus von Helmershausen. Rodgerus no livro, “*Diversarium Artium*”, descreve pela primeira vez em detalhe a composição e fabricação de uma tinta^{5,6}.

Também na Idade Média surgiu a primeira formulação de um verniz óleo-resinoso, baseado no cozimento de uma resina natural com óleo de linhaça. Esta formulação foi elaborada por Teophilus, um monge do século XI².

Durante a época renascentista na Europa (a partir de meados do século XIV) foi crescendo o interesse na utilização de óleos nas tintas. Adicionalmente, com o desenvolvimento do comércio e da navegação, começou a existir a necessidade de se protegerem os diferentes materiais, constituindo o ponto de viragem o momento a partir do qual as tintas deixaram de estar apenas ligadas à arte e decoração, passando a estar também ligadas à proteção de diferentes materiais^{2,3}.

Apesar da tinta passar a ter uma aplicação mais vasta, a tecnologia para a produzir era ainda muito primordial. As matérias-primas eram, na sua maioria, de origem natural o que limitava muito a capacidade de produção. Adicionalmente, não era possível manter uma uniformidade do produto final, já que a qualidade da tinta variava de produção para produção visto que, sendo os materiais de origem natural, nunca poderiam ser exatamente iguais aos usados nas produções anteriores^{2,3}.

O grande avanço tecnológico na produção de tintas e vernizes deu-se na revolução industrial (séculos XVIII e XIX). Neste período houve um grande desenvolvimento tecnológico que levou ao aparecimento das primeiras máquinas, utilizadas em grande escala nos transportes, na agricultura, na indústria e até na vida quotidiana^{2,3}.

Consequentemente, com o aparecimento de maquinarias e estruturas de ferro, rapidamente se percebeu a importância da proteção destes materiais contra a corrosão e demais desgastes, criando necessidades que levaram ao crescimento exponencial da utilização das tintas. Esta época marca também o fim da produção manual das tintas, que se baseava na mistura de pigmentos com óleo de linhaça ou verniz, dependente da receita que geralmente era passada de geração em geração e que era mantida em sigilo. Surgiram por esta altura as primeiras indústrias de tintas e vernizes: a primeira em 1790 em Inglaterra, a segunda em 1820 em França, seguindo-se a Áustria em 1833. A produção em escala e a crescente necessidade, criaram um novo mercado, começando, então, a comercialização das tintas^{2,3}.

Paralelamente, houve um grande desenvolvimento na formulação e na composição do produto: começaram a ser usadas cargas – substâncias na forma de partículas ou líquida que têm como fim modificar algumas propriedades das tintas nomeadamente a resistência química, o comportamento anticorrosivo e o brilho - como matérias primas^{2,3}. Tudo isto, devido à produção industrial, obtendo-se em consequência um preço final muito mais baixo.

No final do século XIX a indústria química das tintas e dos vernizes tinha sofrido um grande desenvolvimento e a tinta tinha passado a ser um produto com uma variedade muito mais vasta de aplicações e de funções.

No século XX, o fabrico de tintas passou a ser efetuado de uma forma tecnicamente muito mais avançada e sofisticada. Esta melhoria, entre outros fatores, foi uma consequência do aparecimento e do progresso da química orgânica. Esta área possibilita a síntese de compostos que garantem que o produto final é uniforme e de qualidade elevada. Consequentemente o problema da diferença de qualidade dos produtos finais depender da forma como são produzidos deixa de se verificar^{2,3}.

1.2. Conceitos gerais sobre tintas

Tintas são misturas de diversos componentes, sendo aplicadas como um revestimento sobre os mais variados substratos, assegurando um efeito decorativo, protetor e/ou funcional. A composição básica de uma tinta apresenta os seguintes componentes: resinas, pigmentos, cargas, aditivos e solventes. As principais características de uma tinta são a cor, a viscosidade, a densidade, a estabilidade, a lacagem, a secagem, a aderência, a espessura seca, a opacidade, o brilho e a aplicabilidade.

Existem dois tipos de tintas: as tintas líquidas ou pastosas - Figura 1.2 - e as tintas em pó. As tintas podem ser aplicadas nas superfícies de outros materiais por diferentes métodos de aplicação e por diferentes equipamentos, o que resulta em espessuras de camadas diferentes. Desta aplicação resulta um filme ligado à superfície do substrato que vai endurecendo com o passar do tempo^{7,8}. O filme só pode ser produzido a partir de um processo físico se os componentes do revestimento forem sólidos e não viscosos e, quando isso se verifica, estes sofrem um processo de fusão.

No caso das tintas em pó, utilizadas principalmente em aplicações industriais e do ramo automóvel, a tinta é normalmente aplicada sob a forma de um pó extremamente fino que depois é sujeito a altas temperaturas (160 °C-200 °C). Este processo, funde o pó e faz com que ele adira à superfície. As razões deste procedimento prendem-se com a química da tinta, a superfície da mesma e a própria química do substrato. Esta aplicação é normalmente designada por lacagem. Há, contudo, utilizações mais quotidianas das tintas em pó, e neste caso, dissolvendo-as, transforma-se a tinta em pó em tinta líquida⁹.

Quando os revestimentos são aquosos ou líquidos a formação do filme é feita através de processos químicos. Quando o revestimento é aquoso o solvente é evaporado (maioritariamente água); caso os revestimentos sejam líquidos, mas viscosos, a sua conversão para filme dá-se com o fornecimento de energia sob a forma de calor de forma a induzir uma reação entre os componentes reativos do revestimento^{7,8}.

As propriedades de uma tinta são definidas pela sua formulação e pela sua aplicação. A sua fórmula define as suas propriedades físicas como, por exemplo, a viscosidade, a condutividade elétrica e o comportamento de secagem. A forma como a tinta é aplicada determina as propriedades do revestimento como, por exemplo, o brilho, a dureza, a aderência e a elasticidade. Logicamente, deve ter-se em conta as propriedades e estado do material no qual a tinta vai ser aplicada para um bom comportamento desta^{7,8}.



Figura 1.2 - Ilustração de tampas de tintas líquidas¹³.

Os revestimentos devem, então, ser usados quer para decorar quer para proteger o substrato sobre o qual são aplicados^{7,8}. Como é fácil de compreender com a informação supracitada, a formação do filme é um dos processos mais importantes na utilização de uma tinta. Este passo marca a conversão da tinta, antes em estado líquido, para um sólido integral^{7,8}.

Para que a tinta consiga fornecer ao substrato todas as suas propriedades protetoras e decorativas, é necessário que seja assegurada a secura total do filme. A formação deste último é condicionada pela temperatura de transição vítrea da resina (T_g), temperatura esta que varia de resina para resina, devido ao facto desta temperatura afetar diretamente a mobilidade dos segmentos poliméricos. Se um polímero atingir uma temperatura igual ou inferior a T_g ficará demasiado frágil, duro e com baixa elasticidade. Se a temperatura do polímero for superior a T_g o filme torna-se macio e elástico⁹. Para proporcionar a formação final do filme a temperatura no processamento deve ser igual ou superior à temperatura mínima de formação do filme que depende diretamente de T_g ⁹.

1.3. Composição das tintas

Como descrito anteriormente, a tinta (líquida) é uma substância viscosa pigmentada que, quando aplicada a um substrato, se converte num filme sólido. Estes filmes mudam as propriedades do substrato e podem ser usados como decoração e/ou proteção^{3,6}. A fabricação de tintas é baseada maioritariamente em processos físicos (processo em que as substâncias não sofrem qualquer tipo de alteração na sua composição química, não havendo formação de novas substâncias) correspondendo a uma dissolução e mistura dos componentes envolvidos⁶. Estas substâncias são compostas por pigmentos, cargas, solventes, aditivos e resinas (ou ligantes). Esta composição pode ser dividida em duas partes: a sólida (pigmentos e cargas) e a líquida (cargas, aditivos, resina e solventes)^{2,3,10}.

1.3.1. Pigmentos

Os pigmentos são geralmente pós finos que, como o nome indica, alteram a cor e a opacidade da substância onde são inseridos, Figura 1.3. Estes compostos são divididos em três grupos: os corados, os não corados e os anticorrosivos (corados ou não)^{2,3,6}.

Estes compostos determinam várias propriedades, nomeadamente a cor que é determinada pela absorção da luz e influenciada pela estrutura química, a opacidade que é determinada pela sua difração e o poder de cobertura da tinta que está diretamente relacionada com o índice de refração^{2,3}.

Em termos químicos os pigmentos são divididos em dois grupos: os inorgânicos e os orgânicos. Os pigmentos inorgânicos estão a ser cada vez menos utilizados pois têm consequências negativas para a saúde humana e o meio ambiente. A sua utilização é cuidadosamente seguida no que toca ao cumprimento de regras de ambiente e segurança e ainda não foi completamente eliminada porque não foi ainda encontrada uma alternativa que cubra todas as cores e propriedades fornecidas por estes pigmentos. Alguns exemplos de pigmentos são os dióxidos de titânio, os óxidos de ferro, os compostos azotados, etc.⁶



Figura 1.3- Exemplo de pigmentos ¹³.

1.3.2. Cargas

As cargas são substâncias quimicamente parecidas com os pigmentos, mas que podem ou não fornecer cor à tinta. Estas substâncias são usadas de forma a modificar as propriedades da tinta – Figura 1.4 -, entre as quais: o preço, a resistência química e mecânica, o brilho, a sedimentação, o comportamento anticorrosivo, a viscosidade, a permeabilidade, etc. As cargas são compostos que devem ser quimicamente inertes,

insolúveis em água e em solventes orgânicos, não tóxicos, não abrasivos e não devem interagir com o ligante da tinta ^{3,11}.

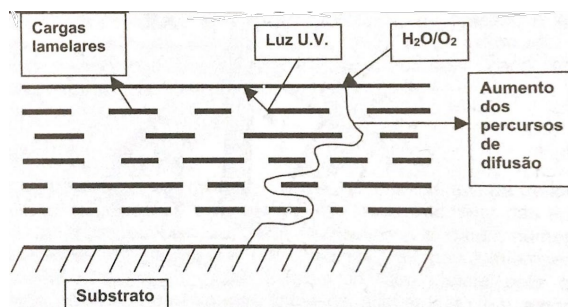


Figura 1.4- Cargas a atuar de forma a dificultar a difusão da humidade e do oxigénio².

As cargas mais usadas são o carbonato de cálcio que fornece propriedades anticorrosivas e tem um baixo preço, a barita ou sulfato de bário que é inerte quimicamente e não é tóxica, o talco que é inerte quimicamente, fornece um toque suave aos filmes e reduz o brilho e o caulino, minério composto de silicatos hidratados de alumínio que ajuda a evitar o sedimento duro de outros compostos da tinta³.

A tonalidade das cargas varia entre o branco e acinzentado dependendo da carga e das impurezas associadas às mesmas. É importante escolher a carga certa para que a tinta tenha as propriedades pretendidas mas também a cor desejada: uma carga cinzenta, por exemplo, pode dificultar a obtenção de uma tinta de cor branca³.

1.3.3. Aditivos

Os aditivos, segundo a norma portuguesa NP 41¹², são substâncias incorporadas em pequena quantidade nas tintas com o intuito de lhes alterar determinadas características por exemplo: tempo de secagem, brilho, impermeabilidade, dureza e viscosidade. Exemplos de aditivos são os secantes, os estabilizadores de pH, os preservantes, os dispersores e os agentes anti-pele ^{3,6}.

1.3.4. Resinas

De acordo com a norma portuguesa NP 41¹² uma resina é uma substância orgânica sólida, semissólida ou líquida – Figura 1.5. Podem ser amorfas, termoplásticas ou termoendurecíveis, mas condutoras da eletricidade e maioritariamente insolúveis em água e, ao invés, solúveis em certos solventes orgânicos.



Figura 1.5- Exemplo do aspecto de uma resina¹³.

A resina, ou ligante, é a parte não volátil da tinta e proporciona aderência ao substrato, uniformiza a tinta e determina o brilho, a rigidez, a durabilidade e a impermeabilidade da mesma. São exemplos os óleos, os acrílicos, os vinílicos e os poliuretanos^{2,6}.

As resinas utilizadas atualmente provêm da indústria química ou petroquímica. São sintetizadas a partir de reações complexas que resultam na produção de polímeros que conferem às tintas propriedades de resistência e de durabilidade muito superiores às obtidas diretamente da natureza².

1.3.5. Solventes

Os solventes, segundo a norma portuguesa NP 41¹², são líquidos voláteis que em condições de pressão e temperatura ambiente, são capazes de dissolver a resina. São geralmente incolores e a maior parte deles evaporam à temperatura ambiente. A sua adição pode ter ou não como objetivo dissolver a resina, mas em qualquer das duas situações ela vai determinar a viscosidade e o tempo de secagem da tinta. Exemplos de solventes muito utilizados são o tolueno, o butanol e o etilenoglicol^{3,6}.

Para que o solvente tenha o desempenho pretendido é necessário que a combinação solvente-resina seja adequada, isto é, o solvente deve dissolver a resina quer em baixas quer em altas concentrações. Esta combinação é extremamente importante para a viscosidade final da tinta³.

1.4. Materiais poliméricos e tintas

Como é mencionado acima, um dos passos mais importantes para que a aplicação da tinta ocorra é a formação dos filmes. Os filmes são essencialmente polímeros. Os polímeros são macromoléculas com estruturas em cadeia. A sua estrutura longa é formada por ligações entre pequenas unidades moleculares denominadas monómeros. Para que estas unidades moleculares se juntem, é necessário que se realize uma reação química chamada polimerização: processo químico que resulta na formação de macromoléculas¹⁴. Quando a reação se dá nem todas as cadeias de polímeros têm o mesmo tamanho, ou seja, o mesmo número de unidades monoméricas. O número de unidades monoméricas é denominada grau de polimerização¹⁴.

A utilização de materiais poliméricos tem sido cada vez maior. Tem havido paralelamente uma crescente preocupação pela reciclagem e moderada utilização destes materiais tendo em conta as consequências que estes apresentam quando depositados, sem tratamentos nem cuidados, diretamente no meio ambiente.

As tintas são uma das aplicações mais importantes dos polímeros. A ciência e os conhecimentos desta vasta família de compostos são extremamente importantes nas tintas pois são estes conhecimentos que nos permitem saber qual o tipo de compostos poliméricos, neste caso qual a resina, a utilizar para obter o sistema adequado consoante o fim a que a tinta se destina. A obtenção de um filme quando se aplica a tinta é, maioritariamente, um processo de polimerização e, como anteriormente mencionado, é uma das etapas mais importantes para se obterem as propriedades desejadas no revestimento que se está a utilizar².

1.5. Controlo de qualidade nas tintas

Cada vez mais o consumidor se preocupa com a qualidade dos produtos que compra e cada vez mais a qualidade do produto é contabilizada para a escolha final do mesmo. A maioria das tintas ou revestimentos são utilizadas para proteção e/ou decoração o que obriga a que a qualidade deste revestimento seja constante e, como tal, controlada de modo exigente, já que uma pequena falha na produção das tintas pode levar à rejeição de milhares de litros de tinta se esta falha não for detetada de imediato.

Para garantir um bom desempenho do revestimento é necessário que este seja apropriado à superfície a revestir e que esta seja devidamente pré-tratada, e que o equipamento de aplicação seja o correto.

A maneira como a tinta é aplicada é um fator crucial para o bom comportamento da mesma, mas, logicamente, que este fator não é controlável ao produzir uma tinta.

Por outro lado, há propriedades na tinta que são controláveis e que devem ser criteriosamente analisadas para garantir que a tinta tem a qualidade necessária para o substrato em que será aplicada.

As propriedades testadas no controlo de qualidade de tintas são sempre as mesmas, a saber: a viscosidade, o tempo de secagem, o escorrimento, a cor, a finura, a presença de partículas grosseiras por dispersar, o tempo de vida (tempo que uma tinta de dois componentes dura sem que a mesma seque), entre outras. Há, no entanto, três testes específicos para determinadas tintas, o controlo de teor sólido numa tinta, a medição de pH e o teste da amina (usado em tintas cuja reação leva à existência de um intermediário; o teste da amina, confirma que a reação se deu por completo). Consoante a qualidade da tinta, cada laboratório tem testes mais ou menos específicos; por exemplo, uma tinta de dois componentes tem o teste de tempo de vida acrescido aos restantes (por exemplo o teste de tempo de vida após se dar a mistura dos componentes) para que se verifique que, quando os dois componentes são misturados, a tinta não seque antes do período suposto (normalmente mencionado no rótulo) ¹⁵.

1.6. Setor industrial das tintas

A listagem dos fabricantes de tintas e revestimentos mais comercializados mostra como os mesmos têm evoluído em termos de volume de negócio e caracterização do mesmo.

A Tabela 1.1 contém o top 5 retirado do ranking das 25 maiores empresas de tintas e revestimentos europeias do ano de 2019, onde está presente a Hempel, como é recorrente anualmente há mais de uma década. As receitas geradas por estas 25 empresas foram em 2019 cerca de 23,6 mil milhões de euros contanto apenas com as vendas ligadas ao sector de tintas e revestimentos (visto que algumas destas 25 empresas atuam em vários e diferentes sectores). Em 2016, as vendas relativas ao setor de tintas e revestimentos das 25 maiores empresas foram cerca de 24 mil milhões de euros, o que mostra uma ligeira diminuição no volume de receitas destas empresas de 2016 para 2019^{16,17,18}.

Tabela 1.1- Top 5 empresas europeias de tintas e revestimentos e informação sobre o número de vendas, o nº de colaboradores e o nº de fábricas em produção¹⁷.

Empresa	Vendas de tinta em milhões de euros	Vendas do grupo em milhões de euros	Número total de colaboradores nas empresas	Fábricas de produção de tinta
Akzo nobel	9280	9280	33800	150
BASF	3746	59316	11500	70
Jotun	1670	1670	10000	39
Hempel	1534	1534	6300	28
DAW	1317	1355	5600	29

O gráfico presente na Figura 1.6 mostra o volume de vendas em milhões de euros das 5 maiores empresas do sector de tintas e revestimentos ao longo dos últimos 5 anos.

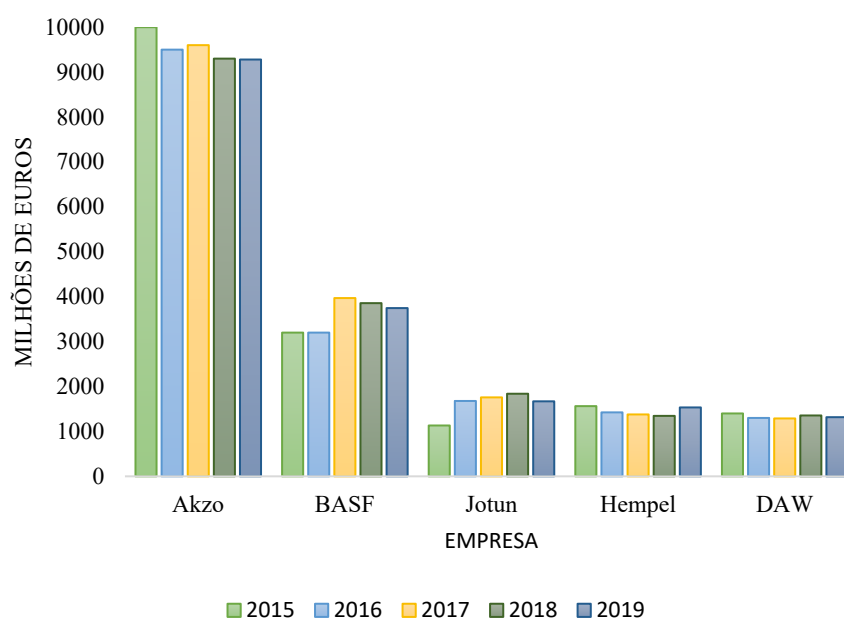


Figura 1.6- Venda de tintas das 5 maiores empresas deste ramo em milhões de euros¹⁷.

Espera-se que o mercado de revestimentos cresça nos próximos anos, mas num ritmo pouco acentuado. A desaceleração económica global e a crise europeia dos últimos anos tiveram um impacto significativo no sector das tintas e revestimentos.

Em Portugal este sector é constituído por pequenas e médias empresas e por microempresas e, o mercado das mesmas, representa cerca de 500 milhões de euros. Este mercado é constituído por 5 grandes empresas deste sector que cobrem cerca de 53% do valor total de vendas que tem vindo a aumentar ao longo dos anos com o desaparecimento de alguns pequenos produtores^{16,17,18}.

A economia portuguesa sofreu um grande impacto com a crise do euro e nos últimos anos tem havido um grande esforço para que seja possível haver uma recuperação dessa mesma crise. Esse esforço fez com que a economia portuguesa tenha evoluído positivamente melhorando, conseqüentemente, também a economia do setor das tintas.

Como refere a Associação Portuguesa de Tintas (APT), o mercado de revestimentos em Portugal representou um volume de 140,76 milhões de litros em 2017^{16,17,18}. Estes números correspondem a um valor de 460,74 milhões de euros.

Com a crise de 2020 associada à pandemia de SARS-CoV-19, o cenário voltou a agravar-se não sendo ainda possível ter uma medida do impacto desta pandemia no setor das tintas a nível mundial e em Portugal.

2. Hempel – A empresa

2.1. História

A Hempel é uma empresa Dinamarquesa fundada em 1915 por Jørgen Christian Hempel, quando tinha apenas 21 anos. Este negócio começou por se tratar de um negócio de revenda de tintas náuticas - Figura 2.1¹⁹.

Esta firma foi desenvolvida com o intuito de acabar com a necessidade de produção de tintas para os navios durante o percurso náutico. Desta forma em 1917, dois anos depois do nascimento da Hempel, começaram a produzir-se tintas e a disponibilizá-las nos principais portos mundiais nascendo assim o Grupo HEMPEL. Nesse mesmo ano o Sr. Hempel conseguiu expandir a sua empresa a nível mundial começando por abrir uma fábrica em Espanha.

Um ano depois, a empresa já tinha instalações na Suécia e na Noruega tornando-se uma empresa cada vez maior a nível global¹⁹.

O nascimento da Hempel coincidiu com o início da primeira guerra mundial e a sua expansão foi feita até ao início da segunda guerra mundial. Quando este conflito eclodiu, o mundo industrial passou por um estado de emergência, mas o grupo Hempel continuou a fabricar as suas tintas em 7 fábricas e a comercializá-las por 27 representantes. Com o término da segunda guerra mundial, a expansão do grupo Hempel continuou sólida até aos dias de hoje contando já com mais de 6.000 funcionários em 80 países, o que é traduzido pela imagem do logótipo atual – Figura 2.2¹⁹.



Figura 2.1-Jørgen Christian Hempel à esquerda e a sua primeira fábrica à direita¹⁹.

Desde o início, J.C. Hempel mostrou que os seus interesses iam muito além do crescimento económico e do lucro dos seus negócios. Começou desde cedo a introduzir benefícios para os funcionários nomeadamente distribuição de bens alimentares gratuitos no trabalho o que, na época, era algo bastante invulgar. Adquiriu casas de férias que disponibilizava para o uso dos seus funcionários, fundou associações desportivas e financiou os treinos dos seus funcionários. Com este tipo de atitudes, J.C. Hempel mostrou que se importava com as condições de vida dos seus trabalhadores e com os próprios trabalhadores e que dava bastante relevância ao trabalho de equipa, valores presentes até hoje no grupo Hempel¹⁹.



Figura 2.2-Logótipo da empresa Hempel.

2.2. Hempel Portugal

A localização geográfica de Portugal, com uma extensão de costa de cerca de 943 km, foi ideal para que, em 1970, se inaugurasse no nosso País uma unidade fabril da Hempel: HEMPEL TINTAS MARÍTIMAS, LDA, atualmente designada Hempel (Portugal) S.A. Com a expansão da empresa e do mercado, houve necessidade de construir a instalação fabril, onde ainda hoje a Hempel Portugal opera ²⁰.

A Hempel Portugal está sediada em Vale de Cantadores, Palmela, desde 1975 com terreno próprio de cerca de 40 mil metros quadrados de área, sendo nessa instalação fabril que funciona por completo a empresa – Figura 2.3²¹.



Figura 2.3-Fábrica da Hempel Portugal.

O foco da Hempel sempre foi o mercado marítimo, mas, com a evolução da empresa, a companhia expandiu o seu negócio. Em 1987 a Hempel começou a alargar o seu mercado no setor das tintas consolidando e aumentando o crescimento da empresa o que a colocou num lugar de relevo no setor de vernizes e tintas. Hoje a Hempel está presente numa vasta gama de mercados: o mercado de contentores, de plataformas de prospeção petrolífera, o mercado da náutica de recreio, o mercado industrial e, mais recentemente, o mercado das tintas decorativas ²⁰.

Apesar das dificuldades financeiras que o país tem vindo a sofrer, a Hempel Portugal tem vindo a aumentar o seu volume de negócios. Em 2005 e 2006 foi necessário aumentar a sua capacidade produtiva de 15 para 28 milhões de litros/ano. O aumento de produção levou, também, ao alargamento da área de produção, armazenamento de matérias-primas e produto acabado e à modernização do laboratório de controlo de qualidade²⁰.

Atualmente, a Hempel Portugal emprega cerca de 155 trabalhadores e tem uma capacidade máxima de produção de 30 milhões de litros de tinta por ano ²¹.

2.2.1. Produção das tintas

A correta pesagem das matérias-primas é extremamente importante para garantir a qualidade do produto final e a reprodutibilidade das suas características. A Hempel tem um limite de tolerância para os desvios que não pode exceder 1%, o que significa uma tolerância de 10 kg a cada 1000 kg pesados. Esta tolerância é baixa pois desvios superiores podem levar à mudança drástica das propriedades e do desempenho da tinta e, em caso de pigmentos, da cor da mesma.

Assim, um lote de tinta tem como primeira etapa a preparação. As matérias primas são pré-pesadas de modo a que não ocorram desvios no doseamento das mesmas.

Após a preparação, pode ser iniciada a produção. São doseadas as resinas e solventes no *dissolver* (reatores com uma hélice que permite dissolver a mistura), onde são adicionados e dispersos a alta rotação todas as cargas, aditivos e pigmentos.

Nos casos em que a simples dispersão não é suficiente para atingir as características exigidas ao produto final, recorre-se à moagem da mistura, utilizando um moinho de esferas.

Após a dispersão e/ou moagem, é feito o acabamento ao lote e realizado o controlo de qualidade de modo a controlar as suas características. Caso alguma delas não esteja dentro dos critérios de aceitação, o lote retorna à produção de modo a que se proceda aos ajustes necessários.

Após a aprovação do lote, pode dar-se início ao seu enchimento – por meio de uma bomba equipada com um filtro – embalagem e armazenamento, ficando assim pronto a ser expedido para o cliente final – Figura 2.4.

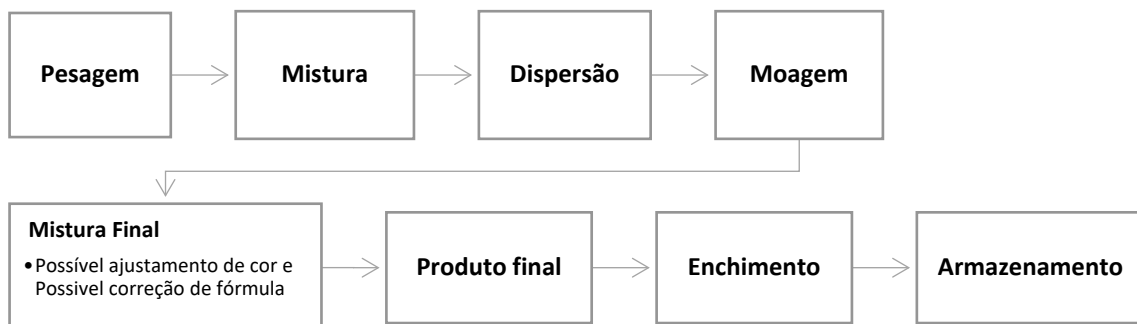


Figura 2.4-Esquema de produção de tintas na Hempel Portugal.

Este trabalho, embora focado nas últimas etapas do processo de produção-enchimento e controlo de qualidade- faz referência à importância da moagem para a eficiência do processo e ao esforço que tem vindo a ser feito na redução de resíduos.

3. Objetivos

3.1. Produção e enchimento

Tendo em conta que a Hempel é uma empresa multinacional, com fábricas na Europa, América do Norte, Ásia e Médio Oriente, todas as unidades de produção são constantemente desafiadas com vista a melhorar os seus indicadores de desempenho. Na produção, o rendimento de um fabrico é o reflexo da eficiência da fábrica, e como ponto de partida para este trabalho, foi feita uma comparação dos rendimentos em dois dos produtos mais produzidas do grupo um agente de cura, produto que serve para endurecer o substrato que é aplicado (95880 00000), e um primário que é um produto que garante que o substrato está apto a receber um acabamento final (17360 50630).

A Hempel Portugal tem um histórico de rendimento baixo em comparação com as restantes fábricas do continente europeu (cerca de menos 1% do que as restantes instalações fabris). Por consequência, nesta parte do trabalho o objetivo foi perceber o porquê da quebra de rendimento e implementar medidas que contribuíssem para o seu aumento- tabelas 3.1 e 3.2.

Foi também adquirida uma nova máquina de moínho de esferas com o objetivo de diminuir o tempo em que a tinta estava retida (comparativamente com a maquinaria antiga) e diminuir a quantidade de tinta retida no interior da mesma. Desta forma o grande objetivo da aquisição da nova máquina era, também, o aumento do rendimento dos produtos que por ela passavam: produtos com silicatos na sua composição. Assim sendo, avaliou-se o histórico do rendimento de um produto que necessitasse obrigatoriamente desta máquina para a sua correta produção (o produto 89909 59161).

Tabela 3.1- Informações relativas ao produto 95880 00000.

<i>Países</i>	Tinta embalada (kg)	Tinta produzida (kg)	Resíduos (€)	Rendimento (%)
<i>Portugal</i>	200533	204088	8166	98,26
<i>Polónia</i>	248340	250829	5209	99,01
<i>Espanha</i>	280453	285486	10602	98,24
<i>Croácia</i>	-	-	-	-
<i>Rússia</i>	157760	158277	1319	99,67

Tabela 3.2- Informações relativas ao produto 17360 50630.

<i>Países</i>	Tinta embalada (kg)	Tinta produzida (kg)	Resíduos (€)	Rendimento (%)
<i>Portugal</i>	228017	232291	5275	98,16
<i>Polónia</i>	312564	316059	4190	98,89
<i>Espanha</i>	190929	193404	2922	98,72
<i>Croácia</i>	410308	412941	3047	99,36
<i>Rússia</i>	89597	90120	794	99,42

O rendimento, η , de um fabrico de produção é uma relação entre a quantidade de tinta despejada para a lata, e a quantidade de matéria prima doseada na produção:

$$\eta \% = \frac{\sum \text{Quantidade obtida (kg)}}{\sum \text{Matéria prima (kg)}} \times 100$$

Enquanto o doseamento de matéria prima é registado a partir das células de carga de cada depósito, não há nenhum sistema de registo para o enchimento do produto, a não ser o número de latas obtidas. O rendimento assume assim a seguinte expressão:

$$\eta \% = \frac{\sum \text{N}^\circ \text{ de latas} \times \text{massa de tinta na lata (kg)}}{\sum \text{Matéria prima (kg)}} \times 100$$

O cálculo do rendimento através da contabilização do número de latas não conta com a massa média das mesmas e muitas vezes descarta os resíduos existentes em cada fabrico. Ao implementar um controlo metrológico à linha de enchimento, o cálculo do rendimento será feito de maneira mais exata, pois a massa individual de cada lata pode ser acompanhada e otimizada. Trabalhando com balanças de controlo de massa, é possível quantificar a massa média de cada lote o que conduz a um cálculo muito mais exato do rendimento.

Com a implementação de controlo de massa, o cálculo do rendimento poderá ser feito a partir das massas e com base no número de latas, possibilitando a inserção dos resíduos nesse mesmo cálculo. Desta forma é esperado um aumento significativo do rendimento da produção de tintas.

As linhas de enchimento com controlo de massa analisadas neste trabalho foram as linhas 7 e 8. Nestas linhas passa grande parte do volume de tinta produzido diariamente na fábrica, fornecendo estas linhas uma grande quantidade de dados e informação sobre a sua reprodutibilidade.

De forma a entender este estudo é necessário detalhar primeiramente a constituição das linhas de enchimento em causa. Tratam-se de linhas cujas balanças são gravimétricas, e que são constituídas por uma balança que mede a massa a entrar em cada lata (esta massa é previamente definida pelo operador de linha), por uma cabeça de fecho e pela controladora de peso VARPE. Ao contrário da VARPE, a balança gravimétrica só mede a massa instantânea, não havendo registos da mesma.

As controladoras de massa acima mencionadas foram programadas para ter em conta as tolerâncias de massa admitidas pelo Grupo Hempel e, caso essas tolerâncias sejam excedidas, a balança emite um alerta sonoro. As tolerâncias referidas são apresentadas na Tabela 3.3.

Tabela 3.3-Tolerâncias de massa consoante as massas de enchimento.

Massa de enchimento	Tolerância +/-
< 500g	5g
500g – 1kg	10g
1kg – 3kg	20g
3kg – 5kg	25g
5kg – 8kg	45g
8kg – 10kg	75g
10kg – 15kg	100g
15kg – 30kg	150g
30kg – 60kg	200g
60kg – 120 kg	1kg
> 250 kg	Especificado pelo laboratório

As controladoras de peso, VARPE, foram implementadas no início deste trabalho com o intuito de rastrear a quantidade de tinta despejada em cada lata. Este rastreamento teve como objetivo a diminuição da diferença de massa entre a massa teórica e a massa efetiva de cada lata e o aumento do rendimento do enchimento.

É de salientar a importância deste controlo principalmente em tintas de dois componentes. Caso o controlo não seja eficaz poder-se-á ter acabamentos e resultados finais diferentes em duas latas de tinta iguais e provenientes do mesmo lote, levando à má *performance* do produto final e a possíveis reclamações.

Nesta dissertação ir-se-á mostrar a estratégia adotada e os resultados obtidos na tentativa de melhorar o rendimento de produção de dois produtos específicos.

Relativamente ao enchimento, neste trabalho vão ser mostrados os resultados obtidos com a incorporação de um controlo metrológico bem como as estratégias adotadas para que este fosse eficaz.

Foi ainda feita uma comparação entre as massas registadas pela controladora de peso e os registados pela balança gravimétrica de forma a melhorar o desempenho da linha de enchimento. Os resultados desta comparação e conclusões sobre os mesmos serão abordados no capítulo 5.

3.2. Controlo de qualidade

A Hempel dá extrema importância ao controlo de qualidade do seu produto não só quando este está prestes a ser embalado como também quando este está em processo de produção. Desta forma, o controlo de qualidade na fábrica é também utilizado para prevenção de um potencial fabrico com defeitos que, conseqüentemente, levam à impossibilidade de comercialização dos produtos provenientes desse lote. Esta prevenção leva também a um ganho monetário pois, como já mencionado, os erros são evitados de forma a produzir a menor quantidade de resíduos possível que, posteriormente, iram ter de ser tratados (o que implica não só impacto ambiental como também económico).

Ao começar a produção de uma tinta, os operadores retiram amostras ao longo do processo e, consoante a aprovação ou reprovação das mesmas (dependendo do resultado das análises à tinta), o fabrico prossegue ou é corrigido. De forma geral, estas amostras são retiradas ao fim de se dar a mistura de todos os compostos e algum tempo depois para confirmar que o processo físico decorreu e que a tinta está suficientemente homogénea.

Quando a amostra é aprovada, a tinta segue para o enchimento onde é, novamente, recolhida uma amostra para comprovar que a tinta cumpre com os requisitos estipulados pelo Grupo Hempel. É, também, nesta etapa que é feita uma recolha da tinta para ser armazenada para eventuais reclamações.

As amostras retiradas durante a produção e enchimento de uma tinta são sujeitas a vários testes mais ou menos específicos (consoante o tipo de tinta). Os testes feitos no laboratório da Hempel são relativos à cor, densidade, razão de contraste, brilho especular, tempo de secagem, tempo de vida, viscosidade, resistência ao escorrimento, finura, teor de sólidos, pH e tensão superficial. De salientar que nem todos os testes são feitos em todas as tintas produzidas na Hempel Portugal.

No âmbito deste trabalho foram analisadas várias tintas e foram feitas duas desde raiz com o intuito de perceber melhor a produção das mesmas. Os resultados obtidos a partir das análises dos diferentes parâmetros físico-químicos serão descritos e discutidos no capítulo 5.

3.3. Certificação de produto

Ao longo deste trabalho o foco foi, maioritariamente, o controlo de massas de duas linhas de enchimento que, por norma, trabalham com produtos com massa superior a 20 kg. Desta forma o controlo não cobria todos os produtos produzidos na instalação.

Um dos produtos mais dispendiosos produzidos na Hempel são as tintas para a náutica de recreio- linha Yacht. Esta gama de produtos é comercializada em latas com capacidade compreendida de 0,37 a 5 litros. Assim sendo, foi feito um estudo com o objetivo de definir os passos a seguir para certificar o produto e para incorporar a marca de conformidade, “e”.

4. Material utilizado e procedimentos

4.1. Produção

4.1.1. Moínho de esferas - máquina para moagem

Este tipo de máquina - Figura 4.1 - é usado na Hempel majoritariamente para tintas cuja composição tem silicatos. É de conhecimento geral que estes compostos são minerais e, tratando-se de um mineral, muitas vezes é necessária a utilização deste aparelho para que a tinta tenha a finura desejada. Este dispositivo é chamado moínho de esferas ou moínho de pérolas. É uma máquina de dispersão que é utilizada continuamente. A base do moínho é bombeada através de uma câmara que é preenchida com esferas que são mantidas em movimento por um eixo agitado²².

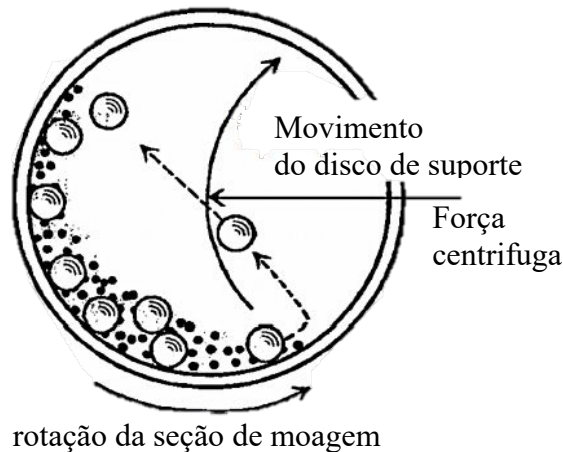


Figura 4.1-Seção horizontal de um moínho de esferas²².

A dispersão ocorre entre as esferas que deslizam umas pelas outras (como é visível na Figura 4.1).

Os moínhos de esferas são sistemas fechados onde as esferas ficam retidas na câmara, independentemente do fluxo de base do moínho por unidades de separação, possibilitando a utilização de uma rotação em alta velocidade – Figura 4.2. É importante utilizar uma base de moínho com viscosidade adequada (cerca de 100 KU) pois viscosidades muito altas ou muito baixas podem causar níveis excessivamente altos de temperatura e, no caso de viscosidades baixas ao aumento de tempo de processo.

Esta máquina é revestida por um material que permita o arrefecimento do sistema pois, devido à alta densidade energética, as bases dos moínhos podem aquecer consideravelmente.

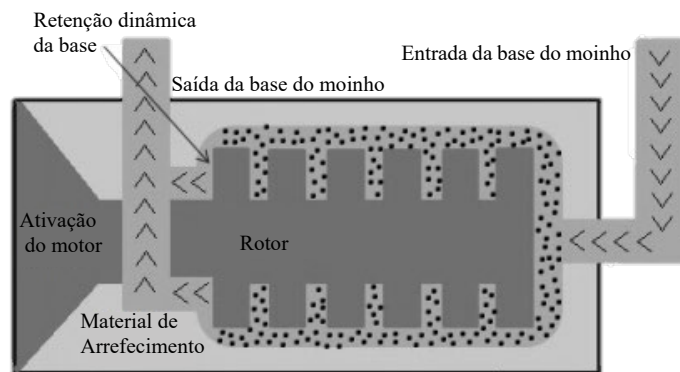


Figura 4.2-Seção transversal de um moinho de esferas²².

Existem vários moinhos de esferas ao serviço na instalação, no entanto existe uma constante procura em adquirir novos equipamentos, mais modernos e eficientes.

A melhoria na maquinaria traduz-se numa redução de tempo de moagem, aumento de produção e melhoria do rendimento.

4.2. Enchimento

4.2.1. VARPE 2000- controladora de peso

A VARPE - Figura 4.3 - é uma controladora de peso e, como o próprio nome indica, tem como principal função garantir que as massas dos produtos controlados na linha cumpram com as especificações desejadas. Quando não há cumprimento das especificações, é acionado um alarme que indica que a massa do produto está fora do intervalo admissível. O intervalo é definido pelo operador que seleciona a massa alvo e a massa máxima e mínima que o produto pode ter.

Esta controladora é composta por um transportador de entrada, um controlador de massa e um alarme para rejeição, como acima mencionado²³.

Estas balanças foram instaladas, programadas e implementadas, no início deste trabalho, nas linhas de enchimento 7 e 8 (vd. especificações da VARPE nas Figuras A.1 e A.2 em anexo)



Figura 4.3-Controladora de peso: VARPE.

4.2.2. Controladora de peso adjacente à linha

Ao contrário da VARPE, esta controladora não está contida diretamente na linha de enchimento, como é possível ver na Figura 4.4.

São balanças utilizadas para massas inferiores aos pesados geralmente pelas VARPE. A balança é colocada fora da linha de enchimento e o operador deve recolher cerca de 2,5% dos produtos embalados para os pesar. Estas balanças ainda não estão implementadas e no futuro serão colocadas e utilizadas nas linhas 1 e 2.

Neste trabalho, como anteriormente mencionado, não foi possível implementar estas controladoras. No entanto, a descrição das mesmas é apresentada pois para que a sua utilização fosse possível era necessário elaborar um programa que permitisse a utilização das mesmas e que, simultaneamente, fosse aceite pela empresa que programa as balanças (ACCEPT) e, simultaneamente, pela empresa que as fornece (Kern). Esse programa foi elaborado com sucesso e aceite pela empresa responsável pela programação das balanças²⁴.

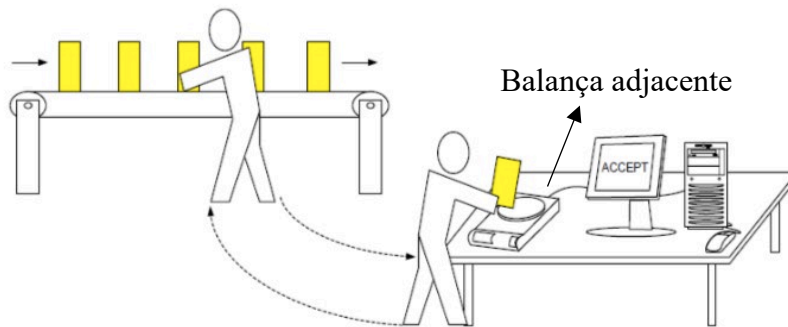


Figura 4.4-Modo operacional da balança adjacente à linha ²⁴.

4.3. Controlo de qualidade

4.3.1. Grau de moagem/finura

Com o intuito de medir a finura e dispersão dos compostos sólidos na tinta é utilizada uma régua de finura semelhante à da Figura 4.5.

As régua são de aço inoxidável tendo em conta o tipo de produto a que se destinam. Há três tipos de régua com diferentes medidas: de 0 a 25 μm , de 0 a 100 μm e de 0 a 200 μm e a escolha da régua é feita consoante o intervalo mínimo e máximo aceitável de acordo com a especificação da qualidade de cada tinta analisada.

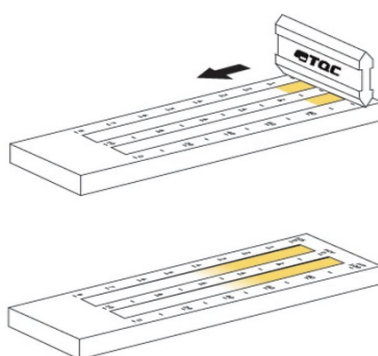


Figura 4.5- Régua de finura.

O teste consiste em colocar-se uma pequena porção da amostra de tinta na régua e, com uma lâmina de aço, arrastar essa mesma porção ao longo da régua. A tinta é arrastada ao longo dos canais e é feita a leitura imediatamente.

A partir da Figura 4.6 é possível entender de forma mais clara a maneira como se lê a dispersão dos pigmentos. Apesar de não ser facilmente visível na figura, deixamos de observar partículas à direita da elipse azul pelo que, neste caso, o valor medido seria de 30 μm (valor lido na parte de cima da régua assinalado a vermelho).

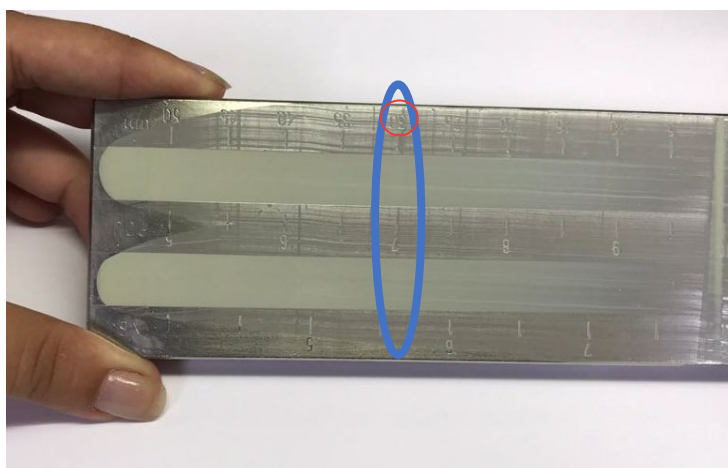


Figura 4.6- Leitura da dispersão dos pigmentos na régua.

4.3.2. Determinação da viscosidade

Com o intuito de determinar a viscosidade da tinta a analisar é utilizado um viscosímetro rotacional digital. No laboratório da Hempel Portugal existem vários viscosímetros para diferentes tipos de viscosidade a medir. O utilizado neste trabalho foi o modelo *SHEEN 480 Kress viscometer* - Figura 4.7.

Esta viscosidade é medida ao mergulhar a hélice do viscosímetro na tinta a analisar. A rotação da hélice e a temperatura da tinta são constantes independentemente da tinta a analisar, sendo os valores iguais a 200 rpm e 25 °C respetivamente. O valor obtido com este viscosímetro é expresso em unidades de Krebs (KU).



Figura 4.7- Modelo de viscosímetro utilizado: SHEEN 480 Kress viscometer.

4.3.3. Determinação do brilho especular

O aspeto de uma tinta, depois de aplicada, é muito importante. Após a formação do filme a tinta pode ter um acabamento mate, semi-mate, brilhante, semi-brilhante ou de alto brilho. Este acabamento é controlado a partir do brilho especular, ou seja, é a partir do teste de determinação do brilho especular que se consegue confirmar que a tinta tem o acabamento pretendido.

O brilho é determinado depois de se aplicar o produto numa cartolina e este estar completamente seco. Quando a tinta está completamente seca é utilizado um brilhómetro (um exemplo deste aparelho encontra-se na Figura 4.8) utilizando-se o ângulo de incidência estipulado que, na Hempel, é igual a 60°. O brilhómetro é colocado sobre a cartolina e o resultado do brilho é expresso no pequeno ecrã do aparelho.



Figura 4.8- Medidor de brilho.

4.3.4. Determinação da resistência ao escorrimento

O teste ao escorrimento é feito à maioria das tintas analisadas e avalia a tendência que uma tinta tem para escorrer.

Este teste consiste na aplicação da tinta, com um aplicador de escorrimento, numa placa de vidro. A placa de vidro é depois colocada na vertical (como apresentado na Figura 4.9) e, passado uns momentos (no mínimo 30 segundos), é colocado o aplicador de escorrimento ao lado da placa de forma a que seja possível ver as ranhuras que o

aplicador tem. Estas ranhuras são feitas pelo próprio aplicador que tem uma escala que nos irá possibilitar a medição do resultado. A partir das ranhuras é determinado e lido o resultado em mils. Este teste indica a espessura húmida a que é possível aplicar a tinta sem que ela escorra.



Figura 4.9- Placa de vidro com aplicação de uma tinta de cor vermelha para medição de escorrimento de uma tinta.

4.3.5. Determinação do tempo de secagem

O teste relativo ao tempo de secagem de uma tinta serve para determinar se a tinta seca no intervalo de tempo estipulado previamente. Este teste consiste na aplicação da tinta numa placa de vidro e a colocação dessa mesma placa num aparelho de secagem *Beck Koller* (Figura 4.10).

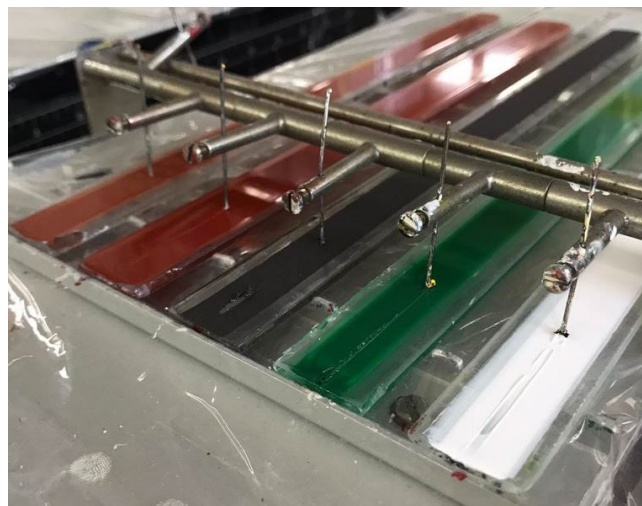


Figura 4.10- Aparelho de secagem Beck Koller e amostras.

Neste aparelho é também colocado uma agulha que, ao arrastar-se pela placa, vai deixando uma marca de arrasto (Figura 4.11) até a tinta estar completamente seca.

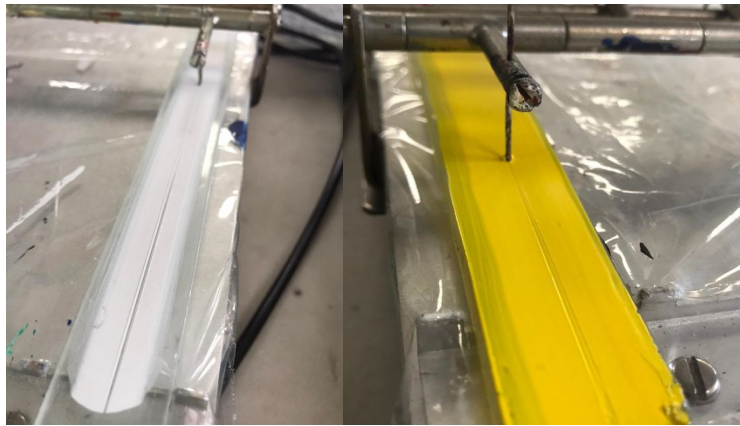


Figura 4.11- Pormenor da placa com a tinta e marca do percurso da agulha.

A medição é feita a partir da colocação da placa de vidro ao lado da escala. O zero da escala corresponde ao local onde se colocou primeiramente a agulha e o resultado final será o último local onde há registo visível de arrastamento da agulha. Cada aparelho pode ter mais que uma escala e a mesma é escolhida consoante o tempo que demora uma agulha a ir de uma ponta do aparelho à outra, por exemplo: se a agulha demorar 12 horas de uma ponta a outra do aparelho a escala de correta leitura será, logicamente, a de 12 horas. Na Figura 4.12²⁵ está exemplificado um tipo de aparelho com as escalas mencionadas.



Figura 4.12- Secador BECK KOLLER e escala do mesmo²⁵.

4.3.6. Determinação do tempo de vida

Este teste é feito apenas para tintas de dois constituintes. O objetivo deste teste é confirmar que, após se dar a mistura dos dois compostos, a tinta se mantém líquida e passível de ser aplicada durante o tempo estipulado, sendo este determinado pela Hempel e específico para cada tipo de tinta.

Para realizar este teste é feita a mistura dos dois constituintes da tinta, na proporção de mistura dessa qualidade de tinta, e é deixada a mistura à humidade relativa e temperatura ambiente – Figura 4.13.

Cada tinta tem um tempo mínimo em que a mistura não pode solidificar e, após passar esse tempo, é confirmado o estado da mesma. Quando se verifica que a tinta continua líquida passado o tempo estipulado a mesma é aceite.



Figura 4.13- Exemplo de uma tinta de dois compostos deixada ao ar livre.

4.3.7. Determinação do teor de sólidos

Este teste é feito com o intuito de determinar a fração de sólidos que fica na película seca quando os compostos voláteis se evaporam.

Para medir este teor é colocada uma porção de tinta, cuja massa esteja compreendida entre 0,9 e 1,1 gramas, num prato próprio de metal. Este prato é posteriormente colocado numa balança de determinação de sólidos - Figura 4.14. A análise demora uns minutos e os resultados são expressos em percentagem de massa de acordo com a seguinte equação:

$$\% \text{ teor de sólidos} = \frac{\text{massa de tinta após evaporação do solvente}}{\text{massa de tinta líquida}} \times 100$$

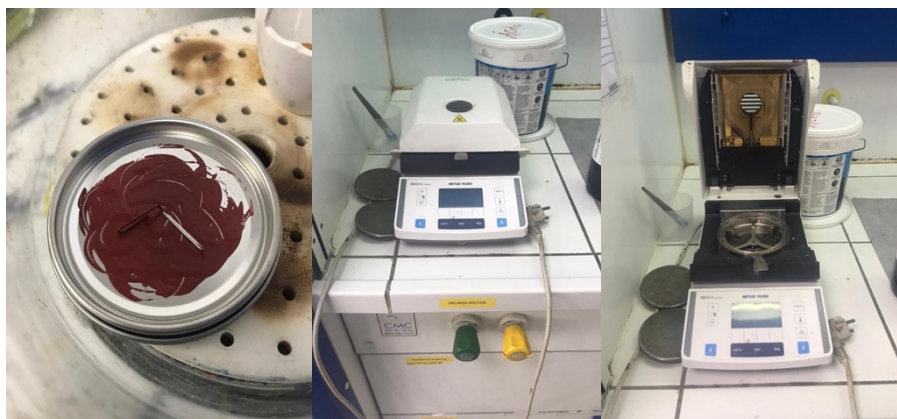


Figura 4.14- Prato próprio para analisar a tinta e balança de determinação de sólidos.

4.3.8. Determinação da tensão superficial

De forma a assinalar potenciais defeitos ou contaminações na superfície do filme é feito um teste qualitativo à tensão superficial. O teste é feito após a aplicação da tinta numa cartolina e após a mesma estar completamente seca. De seguida, são colocadas algumas gotas de etanol sobre a zona da cartolina que tem a tinta. Se as gotas de etanol se espalharem pela cartolina a tinta apresenta tensão superficial alta.

4.3.9. Determinação da densidade

A densidade é a relação entre a massa e o volume de um material a uma pressão e temperatura específicas. Nos testes realizados, a densidade foi medida quando a tinta estava a 25 °C. Esta medição é expressa em gramas por mililitros (g/mL).



Figura 4.15- Exemplo de um picnómetro de aço.

Para realizar o teste começa-se por tarar a massa do picnómetro (exemplo deste material na Figura 4.15) e, de seguida, é colocada a tinta no mesmo até este estar completamente preenchido. O volume dos picnómetros não varia de material para material, sendo este igual a 100 mL.

Como o volume é constante, a densidade é calculada a partir da divisão da massa obtida pelo volume, como descrito na equação que se segue:

$$Densidade = \frac{Massa \text{ (gramas)}}{Volume \text{ (mL)}}$$

5. Resultados e discussão

5.1. Produção

5.1.1. Produtos 95880 00000 e 17360 50630

Com o intuito de aumentar o rendimento da produção dos dois produtos já mencionados (o agente de cura - 95880 00000 - e o primário - 17360 50630) alterou-se a forma e o misturador onde os mesmos eram produzidos.

O tipo de misturador escolhido na produção destes produtos vai influenciar diretamente o resultado do rendimento de produção. Desta forma, optou-se por utilizar misturadores com raspadores na produção do primário. Assim, a tinta era “raspada” das paredes do *dissolver* minimizando o desperdício da mesma.

Relativamente ao agente de cura, após serem adicionadas as matérias primas era necessário que estas reagissem de modo a obter um intermediário e, só depois de este se formar é que se passava para o ponto seguinte. Só depois de se confirmar a formação do intermediário (com base em análises realizadas no laboratório de qualidade) é que era adicionado o acabamento da tinta. O rendimento deste produto é proporcional ao rendimento do intermediário. Posteriormente o cálculo do rendimento deste produto contabilizava que a conversão de matéria prima em intermediário era total, o que não correspondia à verdade.

O rendimento passou a ser calculado a partir da massa doseada de cada matéria prima e com base na percentagem de intermediário efetivamente formado. Os dados relativos às figuras desta secção estão indicados na Tabela A 1 e Tabela A 2.

Os gráficos das Figura 5.1 e Figura 5.2 representam a evolução do rendimento, dos produtos acima mencionados, em 2019 e 2020 de forma a concluir sobre a eficiência das medidas implementadas.

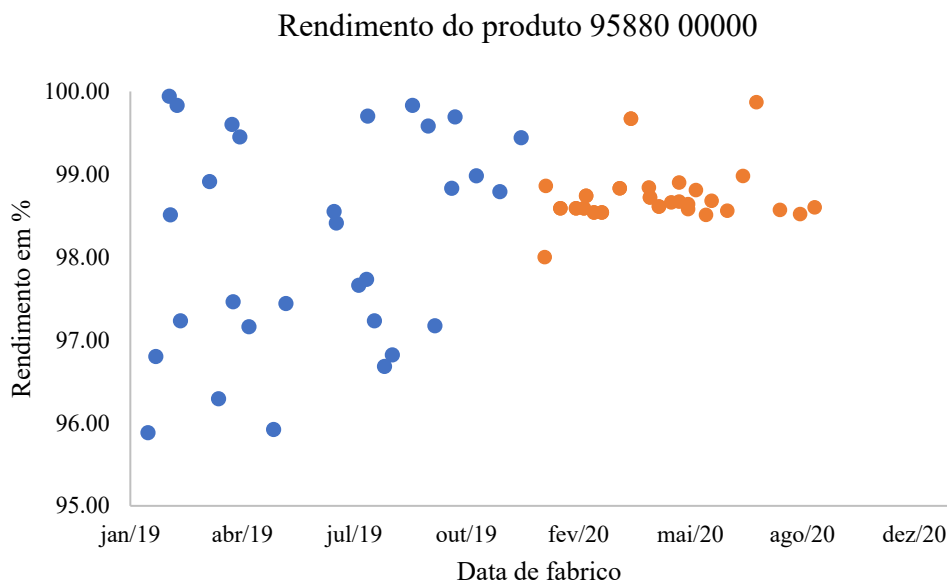


Figura 5.1-Rendimento do produto 95880 00000 em 2019 (pontos a azul) e 2020 (pontos a laranja).

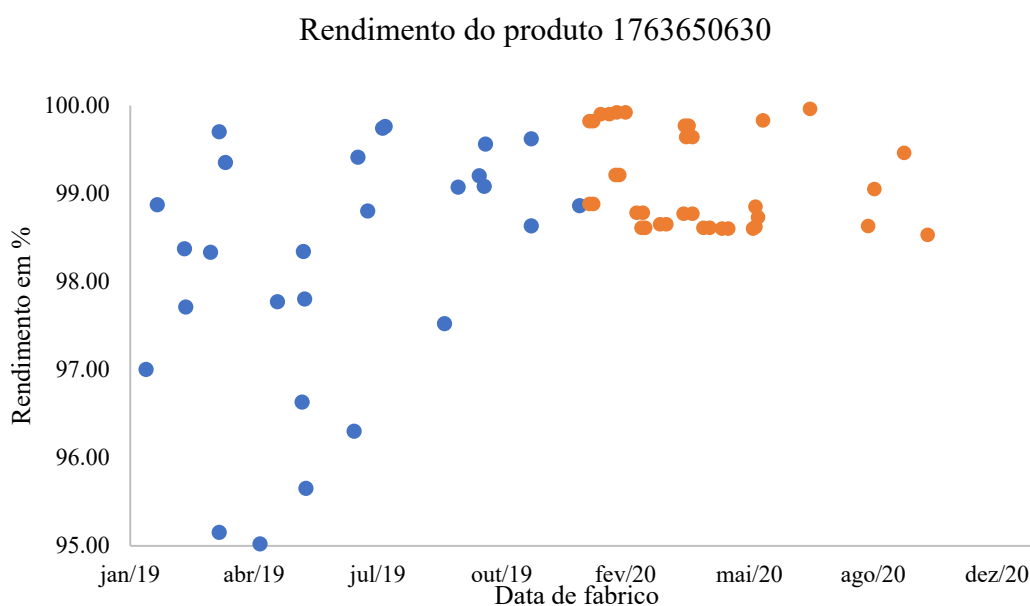


Figura 5.2- Rendimento do produto 17636 50630 em 2019 (pontos a azul) e 2020 (pontos a laranja).

A partir dos gráficos das Figura 5.1 e Figura 5.2, é possível notar um aumento significativo no rendimento anual da produção dos produtos mencionados. A média foi calculada de forma a confirmar a afirmação anterior e os resultados obtidos estão indicados na Tabela 5.1.

Tabela 5.1- Média anual dos produtos 17636 50630 e 95880 00000.

Produto	Média do rendimento		Diferença
	2019	2020	
17636 50630			
- Primário	98,19	99,13	0,94%
95880 00000			
- Agente de cura	98,18	98,62	0,45%

É notório que o primário teve um aumento de rendimento mais acentuado que o agente de cura e isto deve-se à utilização de raspadores na sua produção. Estes raspadores possibilitaram que a tinta fosse raspada da parede dos tanques sendo, então, utilizada e contabilizada em vez de desperdiçada.

Relativamente ao agente de cura o seu aumento não foi tão acentuado pois a única alteração foi a fórmula de cálculo. O rendimento do intermediário passou a ser medido, e não assumido, evitando-se assim situações de rendimento iguais a 100%, impossíveis de ocorrer.

5.1.2. Produto 89909 59161

O rendimento não passa apenas pelo controlo de massas, mas também pela maquinaria empregue na produção. Paralelamente a este trabalho, foi instalado um novo moínho de esferas na Hempel Portugal, com maior volume de câmara e número de esferas. Após esta nova aquisição foram analisados e comparados os rendimentos obtidos antes e depois da implementação do novo moínho de esferas.

Os dados relativos à Figura 5.3 estão indicados na Tabela A 3.

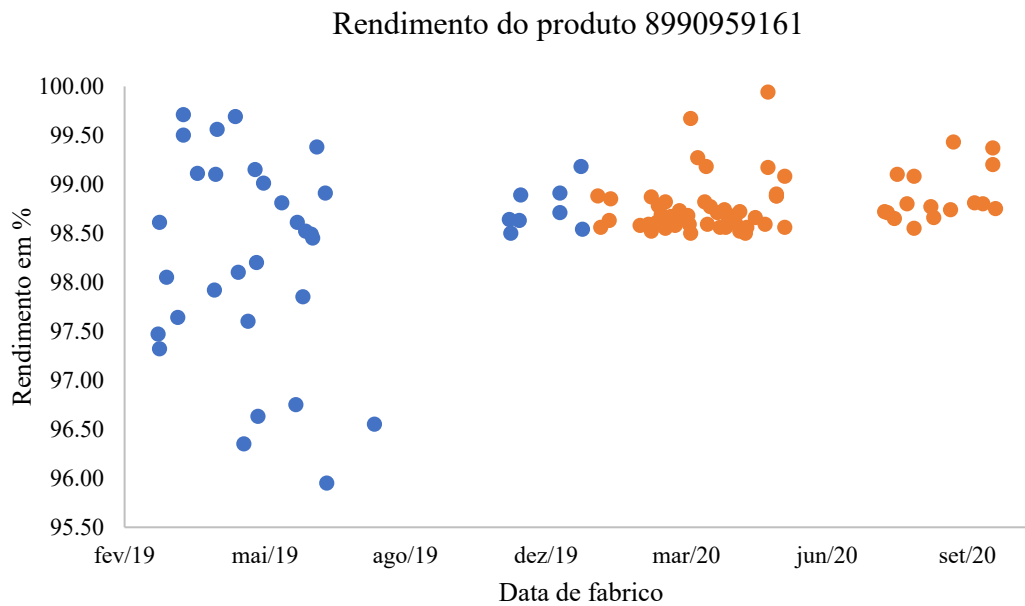


Figura 5.3- Rendimento do produto 89909 59161 em 2019 (pontos a azul), antes da implementação do moínho de esferas, e 2020 (pontos a laranja), após implementação do moínho de esferas.

A partir da Figura 5.3 é possível comprovar que o aumento do rendimento após a implementação do moínho de esferas é notório. A renovação desta máquina foi um sucesso tanto no que se refere ao aumento de produção, como ao aumento de rendimento.

5.2. Enchimento

5.2.1. Implementação das VARPEs e resultados das mesmas

Neste subcapítulo vão ser apresentados e discutidos todos os resultados obtidos ao longo deste estágio. As figuras e tabelas obtidas a partir desses mesmos resultados têm como base os valores brutos apresentados nos anexos (Tabelas A4 a Tabela A9).

Como anteriormente mencionado, as linhas 7 e 8 são compostas por duas balanças. A balança da linha controla o doseamento de tinta sem registo de massas, e a VARPE regista as massas individuais de cada lote.

No âmbito deste trabalho foi elaborada uma folha “guia” (Figura A.3 em anexo) para facilitar o manuseamento da controladora de peso (feito pelos operadores) e para possibilitar as adaptações das novas máquinas (VARPE). Desta forma os operadores de linha conseguiram programar de forma adequada a VARPE a cada enchimento para obtenção dos valores. Esta folha “guia” foi afixada às controladoras e simultaneamente foi dada formação aos operadores com base nas mesmas.

A formação teve como objetivo garantir a compreensão por parte dos operadores do manuseamento das balanças controladoras bem como da sua importância na linha de enchimento. A adaptação dos operadores à utilização destas máquinas foi um pouco demorada visto ser um procedimento novo que saía da sua rotina. Apesar da adesão ao manuseamento constante da VARPE ter sido demorado, o manuseamento da mesma passou a ser feito regularmente e de forma correta.

Os gráficos que serão apresentados neste subcapítulo correspondem à percentagem de diferença entre a massa teórica e a média de massa de cada lote, ou seja, cada ponto corresponde a um produto diferente.

Um mês após o começo do funcionamento da VARPE obtiveram-se os dados apresentados nas Figura 5.4 e Figura 5.5 que serão posteriormente analisados. Foi determinado um intervalo-objetivo numa tentativa de ter uma percentagem de diferença entre a massa teórica e a massa medida abaixo dos limites estipulados pelo grupo Hempel.

Desta forma o intervalo-objetivo foi estipulado como sendo igual a $\pm 0,5\%$ de diferença entre a massa teórica e a massa registada.

Pelos limites de diferença de massa permitidos pelo grupo, o intervalo aceite está geralmente compreendido entre $\pm 1\%$ de diferença de massas. Desta forma qualquer medida fora do intervalo de $[-1\%, 1\%]$ levaria à reprovação do produto pesado.

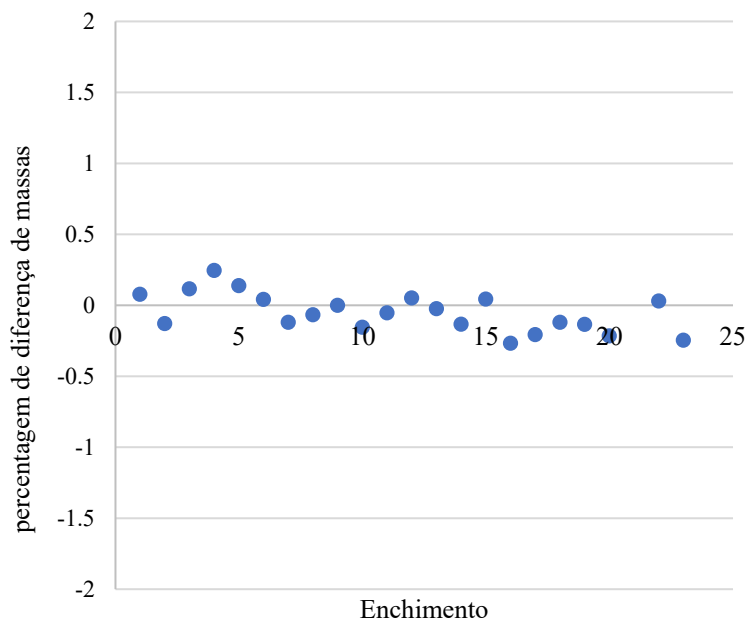


Figura 5.4- Gráfico da percentagem de diferença entre as massas teóricas e as reais por enchimento da linha 8.

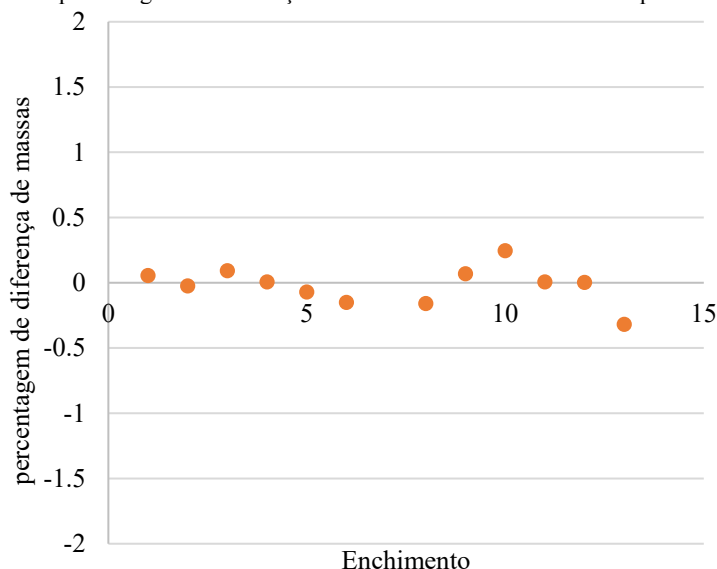


Figura 5.5-Gráfico da percentagem de diferença entre as massas teóricas e as reais por enchimento da linha 7.

Nas Figura 5.4 e Figura 5.5 é possível verificar que a percentagem da diferença de massas não segue qualquer tendência, tendo-se obtido uma média de percentagem da diferença de massas de 0,10 e 0,12 nas linhas 7 e 8, respetivamente, ou seja mesmo assim dentro do intervalo permitido pelo grupo Hempel.

Ao analisar as Figura 5.4 e Figura 5.5, foram comparadas as massas lidas pela VARPE e pela balança da linha e os valores não eram concordantes. Para garantir que a massa que a VARPE lia estava correta, ambas as balanças foram calibradas e concluiu-se que a VARPE da linha 7 não estava a pesar corretamente. Esta calibração foi feita por uma empresa externa (*Pesarama*). Ao analisar a VARPE, constatou-se que esta tinha células de carga queimadas. Concluiu-se que a avaria da controladora de peso se devia ao facto de os operadores não terem espaço suficiente para manusear corretamente a linha 7 sem que isto prejudicasse o funcionamento da controladora: ao executarem tarefas de ajuste ou limpeza/manutenção à linha, os operadores tinham necessidade de subir para a

VARPE. Tendo em conta que cada célula está preparada para suportar 50 kg, a pressão exercida sobre as mesmas pelo peso do operador levou à sua avaria. De modo a eliminar o problema, foi necessário proceder a mudanças na linha de enchimento: a cabeça de fecho da linha foi montada de forma a que, para ser manuseada, não fosse necessário que os operadores subissem para a VARPE.

O erro de pesagem de cada uma das controladoras de peso foi medido sendo que a linha 8 tinha um desvio médio de 20 g, dentro do critério de aceitação da calibração, enquanto que na linha 7 o desvio foi bastante superior: cerca de 100 g negativos, valor inaceitável tendo em conta que as tolerâncias mais usadas nessa linha são as de 150 e 45 g (estas incertezas correspondem aos produtos mais enchidos nesta linha: produtos entre 15 a 30 kg e 5 a 8 kg -Tabela 3.3).

Os resultados da linha 7 obtidos até aí foram então descartados, e iniciados os trabalhos de adaptação à linha de modo a corrigir o problema, algo que só foi possível a partir de fevereiro de 2020 - três meses após a deteção do problema.

A quantidade de dados obtidos da linha 7 foi bastante inferior à da linha 8, pois iniciou-se o acompanhamento dos operadores na linha 8 e só após o manuseamento desta linha ser feito corretamente é que se passou para a linha 7. Além de o manuseamento da linha 7 ter começado posteriormente os problemas acima descritos também justificam o baixo número de resultados.

Após a calibração da célula da linha 8, a média de percentagem de erro passou de 0,12 para 0,09. Esta média foi calculada a partir dos dados apresentados na Figura 5.6.

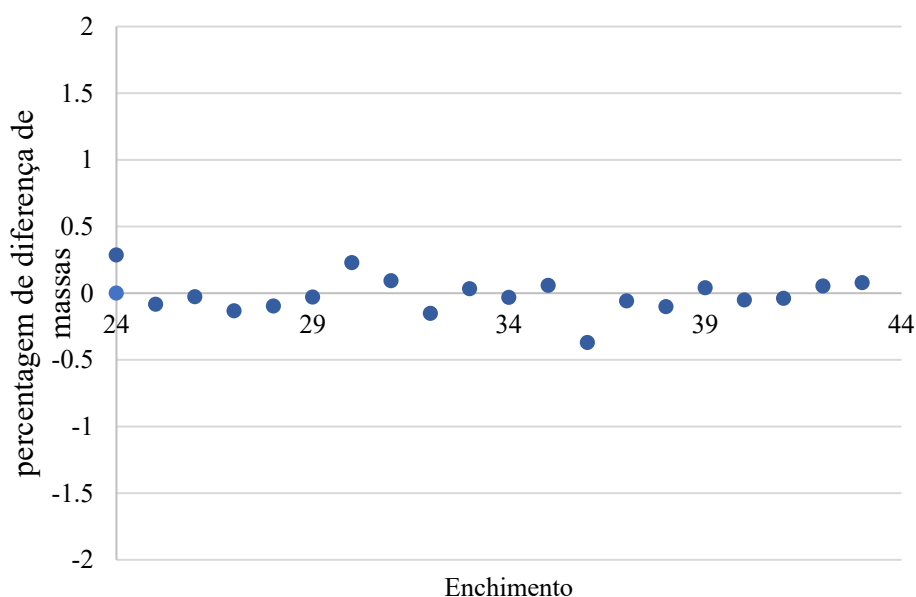


Figura 5.6- Gráfico da percentagem de diferença entre as massas teóricas e as reais por enchimento da linha 8 após calibração da célula.

Devido à situação pandémica a produção de tintas teve um decréscimo acentuado e, desta forma, durante os meses de março, abril, maio, junho, julho e agosto houve uma diminuição acentuada de enchimentos diários o que justifica a menor quantidade de dados obtidos face aos esperados.

Após o mês de abril a controladora da linha 8 começou, porém, a dar um erro ligado à pesagem dos produtos. Quando os baldes de tintas com cargas superiores a 20 kg eram transportados para a VARPE este processo não era feito de forma gradual, ou seja, os baldes acabavam por colidir com a parte inicial da VARPE. Houve uma tentativa para resolver esta situação, mas não teve sucesso. Foi então feita uma tentativa de

reformatação da linha sem recorrer a assistência técnica da empresa fornecedora das VARPES.

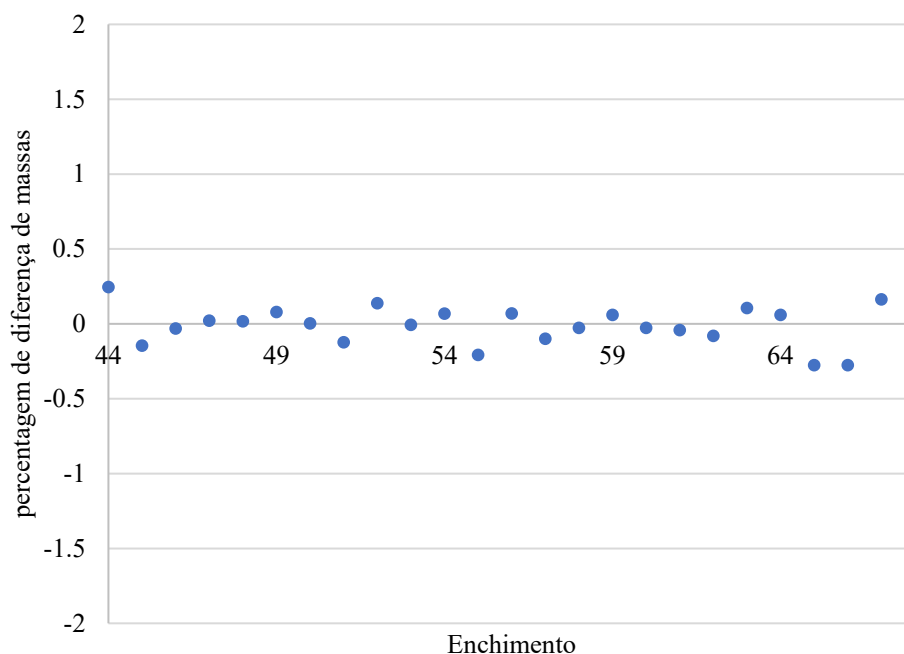


Figura 5.7- Gráfico da porcentagem de diferença entre as massas teóricas e as reais por enchimento da linha 8 após reformatação da VARPE.

Observando a Figura 5.7 podemos concluir que os resultados obtidos estão dentro do intervalo-objetivo. No entanto, a VARPE voltou a dar erro nas pesagens e, desta vez, a reformatação não teve sucesso.

Chegou-se então à conclusão que era necessário haver uma assistência da empresa fornecedora das controladoras de peso. Porém, tendo em conta o contexto pandémico, foi impossível obter uma assistência às controladoras visto que a empresa fornecedora era espanhola e a sua sede situava-se em Madrid que se encontrava em confinamento total.

Assim, a configuração e reprogramação da máquina teve que ser feita pela mestranda com o auxílio de um colaborador da empresa fornecedora. Esta configuração e reprogramação levou algum tempo visto que a comunicação nem sempre era rápida e eficaz. Para que a controladora voltasse a trabalhar foi necessário diminuir a sua precisão.

A situação de diminuição de produção das tintas juntamente com o erro da controladora da linha 8, levaram a que, durante alguns meses, os valores lidos pelas VARPES tenham sido escassos. A situação só voltou ao normal em finais de agosto/inícios de setembro.

Nas figuras que se seguem (Figura 5.8 e Figura 5.9) estão indicados os restantes resultados das linhas de enchimento após a colocação da nova célula na linha 7 e após a reprogramação da linha 8.

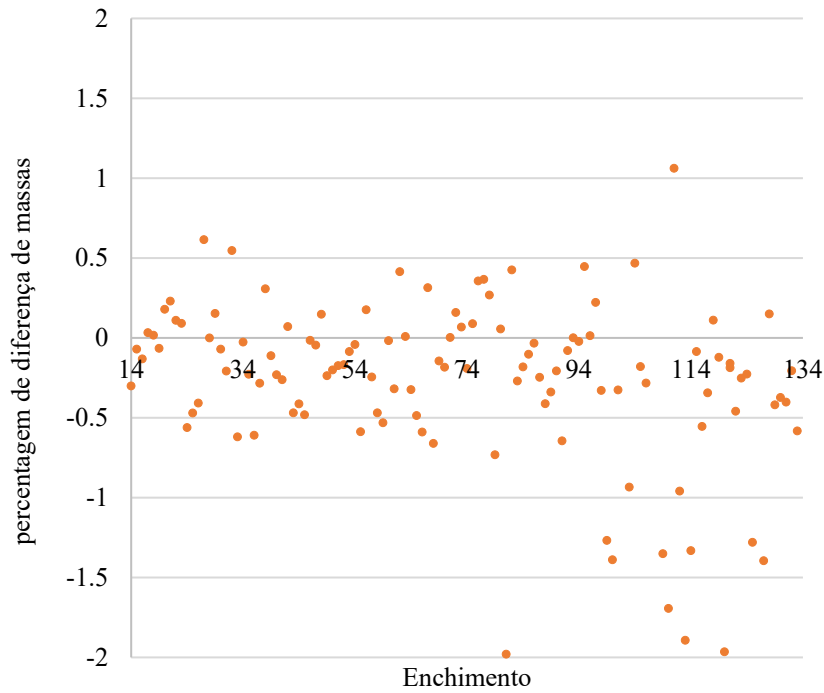


Figura 5.8- Gráfico da porcentagem de diferença entre as massas teóricas e as reais por enchimento da linha 7 após calibração e mudança de célula.

Após a calibração e mudança de célula era esperado que os resultados da Figura 5.8 estivessem maioritariamente no intervalo $[-0,5\%, 0,5\%]$, no entanto temos uma amostra considerável de pontos fora desse intervalo.

Estes resultados inesperados podem ser resultado do incorreto manuseamento da controladora de peso, visto que a mesma tem de ser tarada sempre que se liga a máquina. Para tarar a VARPE é necessário ter os tapetes da balança parados e, muitas vezes, os mesmos não eram desligados.

Outra razão para estes resultados é a não concordância entre a pesagem da VARPE e a pesagem da balança gravimétrica, hipótese que será discutida no subcapítulo “Comparação entre a balança da linha e as VARPES”.

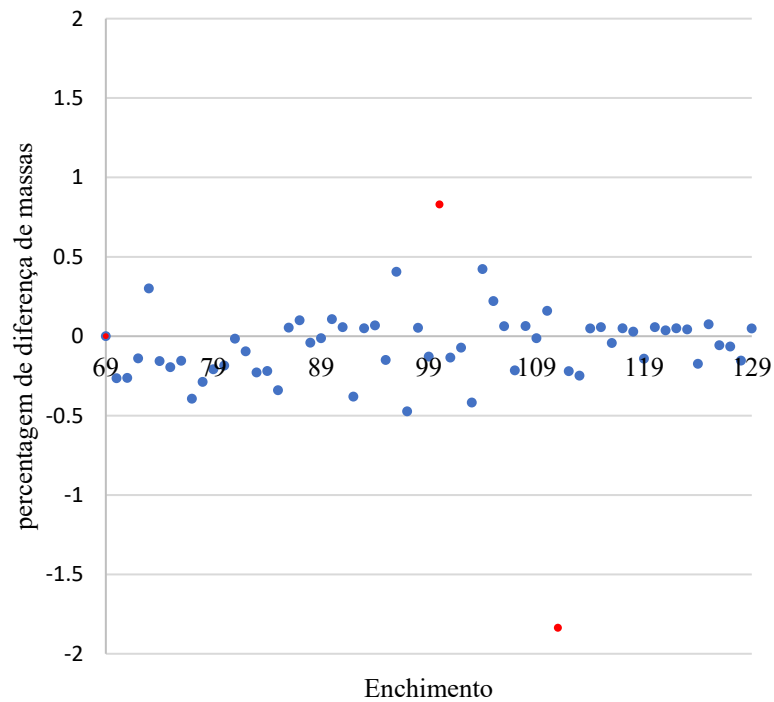


Figura 5.9- Gráfico da percentagem de diferença entre as massas teóricas e as reais por enchimento da linha 8 após a reprogramação e configuração da controladora.

Ao contrário da dispersão observada na Figura 5.8, na Figura 5.9, à exceção de dois pontos (assinalados a vermelho), todos os outros estão dentro do intervalo-objetivo.

5.2.2. Comparação entre a balança da linha e as VARPES

A utilização de uma controladora de peso permite-nos obter as massas associadas a cada lote de produto e certificar que a massa dos mesmos está correta.

Para que os resultados obtidos sejam fiáveis, as massas registadas pela VARPE têm de estar em concordância com a balança da linha - calibrada anualmente por uma entidade externa (ISQ). Caso isto não se verifique, não se pode usar a controladora de peso para avaliar se um lote está a obedecer às tolerâncias admitidas pelo grupo Hempel (*vd.* Tabela 3.3).

Desta forma tornou-se necessário comparar a massa que ambas as balanças pesavam. Tal não era possível sem haver um registo manual por lote pois a balança da linha não regista as massas que mede e a VARPE só regista a massa média por lote. Com esta informação foi estabelecido que se iriam escolher 20 lotes de produto e que, desses lotes, eram pesados 50 baldes nas duas balanças e comparados as massas medidos por cada uma delas.

Para realizar esta comparação era assinalado o primeiro produto cuja massa fosse registado (manualmente) e eram feitos os registos das massas nas duas balanças. De salientar que existem mais resultados relativos à linha 8 do que à linha 7 pois, durante a comparação, a linha 7 teve menos enchimentos.

A Tabela 5.2 é um exemplo de registo de um produto onde a massa das duas balanças foi comparada. Os produtos foram nomeados com números devido à política de privacidade do grupo, e consoante a ordem em que foram comparados.

Tabela 5.2- Registo de massas das duas balanças da linha para o produto 1.

Produto: 1	Linha: 8	Massa alvo: 21,54 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Diferença de massa entre a balança da linha e a VARPE (kg)
1	21,51	21,50	0,01
2	21,51	21,50	0,01
3	21,52	21,52	0,00
4	21,53	21,54	0,01
5	21,52	21,54	0,02
6	21,53	21,52	0,01
7	21,52	21,52	0,00
8	21,52	21,52	0,00
9	21,50	21,52	0,02
10	21,52	21,52	0,00
11	21,53	21,52	0,01
12	21,52	21,52	0,00
13	21,51	21,50	0,01
14	21,53	21,52	0,01
15	21,55	21,52	0,03
16	21,52	21,52	0,00
17	21,52	21,52	0,00
18	21,55	21,52	0,03

Tabela 5.3- cont.

Produto: 1	Linha: 8	Massa alvo: 21,54 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Diferença de massa entre a balança da linha e a VARPE (kg)
19	21,52	21,50	0,02
20	21,51	21,52	0,01
21	21,52	21,52	0,00
22	21,53	21,50	0,03
23	21,52	21,52	0,00
24	21,52	21,52	0,00
25	21,51	21,52	0,01
26	21,53	21,50	0,03
27	21,51	21,52	0,01
28	21,51	21,50	0,01
29	21,52	21,52	0,00
30	21,51	21,52	0,01
31	21,49	21,50	0,01
32	21,52	21,50	0,02
33	21,53	21,52	0,01
34	21,52	21,52	0,00
35	21,52	21,52	0,00
36	21,51	21,52	0,01
37	21,49	21,48	0,01
38	21,52	21,52	0,00
39	21,52	21,52	0,00
40	21,53	21,52	0,01
41	21,51	21,50	0,01
42	21,50	21,52	0,02
43	21,50	21,50	0,00
44	21,50	21,51	0,01
45	21,49	21,48	0,01
46	21,52	21,51	0,01
47	21,52	21,52	0,00
48	21,52	21,51	0,01
49	21,52	21,51	0,01
50	21,52	21,52	0,00

Todos as tabelas referentes a produtos cuja massa foi comparada encontram-se em anexo (*vd.* Tabela A. 10 a Tabela A. 28). A partir de todos as comparações obteve-se a Tabela 5.3.

Tabela 5.4- Diferença de registo de massas entre as duas balanças das linhas de enchimento para todos os produtos analisados.

Produto	Média da diferença de massa entre a balança da linha e a VARPE, por produto (kg)	Produto	Média da diferença de massa entre a balança da linha e a VARPE, por produto (kg)
1	0,0090	11	0,1358
2	0,0076	12	0,0196
3	0,0066	13	0,0066
4	0,0264	14	0,0080
5	0,1570	15	0,1380
6	0,1292	16	0,0858
7	0,0346	17	0,0326
8	0,0170	18	0,0686
9	0,0118	19	0,0244
10	0,0090	20	0,1284

Nota: assinalados a negrito os maiores desvios.

Com o intuito de compreender o comportamento singular de cada linha calculou-se também a média da diferença destes registos de massa por linha. Estes valores são apresentados na Tabela 5.4.

Tabela 5.5- Média da diferença das massas registadas por linha de enchimento.

Linha Média da diferença de massa entre a balança da linha e a VARPE, por linha (kg)

7	0,0742
8	0,0313

Tendo em conta que as controladoras têm uma incerteza de 20 gramas, o erro associado à linha 8 é admissível visto que se encontra dentro do intervalo estipulado como aceitável, ou seja, o dobro da incerteza da controladora de peso (0,040 kg). Já na linha 7 o mesmo não se verifica.

Observando os resultados da linha 7, a diferença média entre os registos de ambas a balança é igual a 74,2 g (*vd.* Tabela 5.4). Este erro é bastante elevado tendo em conta as tolerâncias do grupo Hempel. Um desvio desta ordem de grandeza pode ser o suficiente para alguns baldes de tinta serem rejeitados e, conseqüentemente, se ter de retirar o produto dos mesmos e voltar a encher outros baldes. Este processo de retirar o produto e voltar a pesá-lo significa um aumento considerável de tempo a embalar um lote e também uma diminuição acentuada no rendimento de produção do produto, visto que ficará sempre parte do produto retido nos baldes rejeitados.

5.3. Controlo de qualidade

5.3.1. Produção de tintas

O foco principal do laboratório de tintas da Hempel é o controlo de qualidade, mas em alguns casos é também necessário reproduzir tintas.

Quando uma tinta não é aprovada pelo laboratório é feita uma correção no processo ou são avaliadas as matérias primas da mesma.

Em alguns casos é necessário produzir a tinta em pequena escala no laboratório para concluir sobre o estado das matérias primas utilizadas e para ser possível concluir as correções que a tinta em causa necessita.

No âmbito deste trabalho, foram feitas no laboratório dois tipos de tinta: um primário (P_L) e uma tinta de acabamento (TA_L). Uma delas tinha uma produção geral, ou seja, um processo mais parecido com a produção da maior parte das tintas da Hempel e a outra tinta necessitava da utilização do moínho de esferas, o que tornava o processo mais trabalhoso.

As duas tintas foram feitas no laboratório adjacente. A mistura dos compostos era feita numa bancada com um sistema de ventilação adequado. A formulação das tintas é confidencial, conhecendo-se a maior parte dos seus componentes, tal como imposto pela legislação, mas não a composição exata dos mesmos.

Para produzir a tinta P_L começou por se pesar e juntar parte dos compostos: resinas, cargas e solventes. Após a junção dos compostos colocou-se a lata de tinta com os compostos numa misturadora durante alguns minutos. Enquanto se realizava a mistura eram adicionados os pigmentos, de forma gradual (Figura 5.10). Após acabar o tempo de mistura estipulado no procedimento, foram realizados testes à finura da tinta. A finura da tinta neste ponto da reação tinha de ser inferior a $80\ \mu\text{m}$. Após se confirmar que a finura da tinta tinha um valor de acordo com o previsto, foram adicionados mais pigmentos e cargas e a mistura foi novamente misturada e aquecida até uma temperatura de cerca de $70\ ^\circ\text{C}$. Finalmente foram adicionados os restantes compostos e ajustada a viscosidade com o respetivo solvente.



Figura 5.10- Tinta P_L na misturadora após se colocar a primeira parte dos pigmentos.

O aspeto final da tinta é mostrado na Figura 5.11.



Figura 5.11- Aspeto final da tinta PL.

Com o objetivo de produzir a tinta TAL, começou por se pesar e juntar parte dos compostos: resinas, cargas e solventes. Depois de se juntar os compostos iniciais colocou-se a tinta numa misturadora durante uns minutos até a mistura estar homogénea. De seguida juntaram-se os pigmentos e mais cargas à tinta enquanto a mesma continuava na misturadora. Após a junção destes compostos aqueceu-se a mistura até esta atingir uma temperatura de cerca de 70 °C durante alguns minutos, sempre com a misturadora ligada.

Após este passo colocaram-se os restantes pigmentos e controlou-se a finura da tinta.

Geralmente este tipo de tinta necessita de recorrer a um moínho de esferas tendo em conta a elevada quantidade de pigmentos e cargas que a sua composição tem (Figura 5.12).



Figura 5.12- Pigmentos utilizados na tinta TAL.

Desta forma foi necessário simular um moínho de esferas. Esta simulação passou pela inserção de esferas num funil de aço e colocação da tinta no mesmo.

Como a tinta ainda estava pastosa (a maior parte dos solventes ainda não tinha sido adicionado) mexeu-se a tinta com uma espátula fazendo com a que as esferas “triturassem” os pigmentos ainda não moídos, como indicado na Figura 5.13.



Figura 5.13- Simulação de um moinho de esferas na tinta TAL.

Após este passo, colocou-se a lata de tinta por baixo do funil e foram adicionados os restantes compostos (maioritariamente solventes) de forma a limpar as esferas. Este último passo foi feito enquanto se mexiam as esferas para tentar diminuir a quantidade de tinta retida nas mesmas. No final foi medida a viscosidade e ajustado o seu valor com o solvente respetivo.

O aspeto final da tinta é mostrado na Figura 5.14.



Figura 5.14- Aspeto final da tinta TAL.

5.3.2. Controlo de qualidade

No laboratório de controlo de qualidade foram analisadas 17 tintas. Destas 17, duas foram feitas no próprio laboratório no âmbito deste trabalho.

Tendo em conta a política da empresa, não é possível nomear as tintas. Desta forma as tintas foram designadas consoante o tipo de tinta que se estava a analisar. Os primários analisados foram nomeados como P₁, P₂, P₃ e P_L (sendo o último a primeira tinta produzida neste trabalho), os *antifouling*s como A₁, A₂ e A₃, os intermediários como I₁, I₂, I₃, I₄ e I₅, um produto em pasta com elevados teores de sólido como S e, por fim, as tintas de acabamento como TA₁, TA₂, TA₃ e TA_L (sendo esta a segunda tinta produzida neste trabalho) - Figura 5.15.



Figura 5.15- Exemplo de duas das tintas analisadas.

Os testes feitos dependem do tipo de tinta a testar, mas, com exceção da tinta denominada como S, são sempre feitos testes relativos à finura, viscosidade, densidade, escorrimento e tempo de secagem. A Tabela 5.5 tem os valores obtidos nessas análises.

Na Tabela 5.6 estão contidos os resultados a análises mais específicas. Estas análises não são feitas para todas as tintas pois nem sempre são requeridos todos os testes para uma só tinta.

Devido à política de privacidade do grupo não é possível referir os intervalos de variação para os quais cada propriedade é considerada aprovada. No entanto todas as tintas analisadas possuíam todas as suas características nos intervalos pretendidos.

Tabela 5.6- Valores obtidos nos testes mais gerais das 17 tintas analisadas.

Tinta	Finura (μm)	Viscosidade (KU)	Densidade (g/mL)	Escorrimento (mils)	Tempo de secagem BK III (h)
A ₁	50	85,5	1,9273	27	1,0
A ₂	35	78,6	1,6730	19	2,0
A ₃	55	94,7	1,9599	27	1,0
I ₁	45	79,4	1,30422	15	-
I ₂	35	97,2	1,4487	19	0,5
I ₃	40	37,0	1,3121	6	-
I ₄	75	79,4	1,3852	30	3,0
I ₅	50	82,1	1,2091	-	1,0
P ₁	55	93,0	1,4082	27	3,0
P ₂	70	113,7	1,5550	45	2,0
P ₃	80	119,0	1,5489	60	2,0
P_L	70	111,8	1,5096	60	2,0
S	-	-	2,0214	-	-
TA ₁	25	78,4	1,2390	19	3,0
TA ₂	-	89,8	1,9116	20	0,5
TA ₃	20	51,0	1,0123	-	1,0
TA_L	30	74,7	1,2555	16	4,0

Nota: a negrito estão indicadas as tintas produzidas desde a origem.

Tabela 5.7- Valores obtidos nos testes mais específicos.

Teste	Tinta	Resultado
Brilho especular, ângulo 60° (%)	I ₅	16,5
	TA ₁	86,4
	TA ₄	83,5
Tempo de secagem BK IV (h)	A ₂	3,0
Tempo de vida (h)	TA ₁	4,0
Teor de sólidos em massa (%)	A ₁	81,0
	A ₃	79,0
Extrato seco (%)	A ₁	81,5
Tensão superficial (Alta/baixa)	I ₄	Alta
	P ₁	
	P ₂	
	P ₃	
	P ₄	

Nota: o tempo de secagem BK IV consiste no mesmo procedimento que o BK III. O que muda é a escala e o tempo que a tinta percorre na placa de vidro.

6. Certificação de produto - marca de conformidade

A metrologia é “a ciência da medição e suas aplicações”²⁶.

Em metrologia legal, a verificação, conforme definida no Vocabulário Internacional de metrologia (VIML), envolve um exame que aprova/reprova a medição de um certo sistema e, conseqüentemente, a emissão de um certificado dessa mesma avaliação.

O controlo metrológico dos pré-embalados tem uma elevada importância para o consumidor pois garante que os valores medidos foram monitorizados e, conseqüentemente, corretos. Este controlo é regulado pela Portaria nº 1198/91 de 18 de dezembro de 1991 onde estão contidas todas as regras, valores de erros admissíveis e critérios legais para a validação dos ensaios²⁷.

Para garantir ao consumidor a aplicação deste controlo metrológico foi elaborada uma marca de conformidade “e”. Para que esta marca esteja contida no rótulo do produto pré-embalado, é necessário que as regras contidas no Decreto-lei nº 199/2008 de 8 de outubro de 2008 e da Portaria nº 1198/91 de 18 de Dezembro de 1991 sejam cumpridas^{27,28}.

O Instituto Português de Qualidade (IPQ) define pré-embalado como “produto cujo acondicionamento foi efetuado antes da sua exposição, para venda ao consumidor, em embalagem que solidariamente com ele é comercializada, de tal modo que a quantidade do produto tenha um valor pré-determinado e não possa ser modificada sem violação ou abertura do pré-embalado”²⁹.

Em Portugal este controlo é verificado pelo IPQ e este nomeia essa habilitação a organismos de verificação metrológica (OVM) de modo a certificar que esta atividade cobre todo o país.

No entanto esta marca de conformidade tem algumas limitações. Os produtos pré-embalados que estão aptos a ter a dita marca no seu rótulo têm obrigatoriamente que ter uma massa inferior a 10 kg.

As linhas de enchimento anteriormente estudadas, 7 e 8, contêm produtos que excedem este limite de massa. Assim sendo, este controlo de produtos com massa inferior a 10 kg foi feito em duas outras linhas: a 1 e a 2.

Ao contrário das linhas 7 e 8, na Hempel Portugal nem todas as linhas dispõem de controladoras de peso incorporadas, mas, segundo os documentos acima mencionados, a medição não tem de ser contínua. Desta forma e, com o intuito de obter a marca de conformidade, será necessária a implementação de balanças adjacentes à linha nas linhas de enchimento 1 e 2. A medição será feita manualmente, sendo o número de amostras a pesar necessariamente respeitado, o que depende do número de amostras em cada lote (Tabela 6.1).

Tendo em conta os produtos comercializados pela Hempel, os ensaios feitos para verificação da massa são sempre não destrutivos visto que não é modificado ou danificado qualquer componente ao fazer as pesagens.

Na Tabela 6.1 e na Tabela 6.2, estão contidas as informações dos números de unidades defeituosas admissíveis, bem como do número de amostras a rastrear, ambos em função do número de amostras do lote.

Tabela 6.1-Plano para controlo não destrutivo³⁰.

Número de produtos em cada lote	Número de amostras a analisar	Número de unidades defeituosas	
		Critério de aceitação	Critério de rejeição
[100,150]	20	1	2
[151,280]	32	2	3
[281,500]	50	3	4
[501,1200]	80	5	6
[1201,3200]	125	7	8
[3201, ∞ [200	10	11

6.1. Obtenção de marca de conformidade

Para que seja possível conter a marca de conformidade nos rótulos das tintas da Hempel Portugal é necessário que esta cumpra várias regras. É necessário que os meios de pesagem dos produtos pré-embalados sejam os indicados, tem de haver um registo das medições dessas pesagens durante o tempo estipulado consoante o prazo de validade e que a Hempel Portugal cumpra as 3 regras do embalador (Figura 6.1)³¹.

As três regras mencionadas estão resumidas na Figura 6.1, sendo elas as seguintes: a massa média do produto pré-embalado não deve ser menor que a quantidade nominal (Q_n) referida no rótulo, não deverá haver mais do que 2,5% de amostras que tenham uma quantidade inferior do que a diferença entre o valor mencionado no rótulo e o erro admissível por defeito (este erro varia de acordo com as quantidades nominais e encontra-se apresentado na Tabela 6.2) e, por último, nenhum produto pré-embalado deve conter uma quantidade menor que a diferença entre a quantidade mencionada no rótulo e o dobro do erro admissível por defeito.



Q_n - Quantidade nominal; EAD- erro admissível por defeito

Figura 6.1-Exemplo gráfico das 3 regras do embalador³¹.

Tabela 6.2-Erros admissíveis por defeito consoante a quantidade nominal.

Quantidade nominal (em gramas ou mililitros)	Erros admissíveis por defeito	
	Porcentagem	Em massa ou volume (gramas ou mililitros)
50	9,0	-
]50,100]	-	4,5
]100,200]	4,5	-
]200,300]	-	9,0
]300,500]	3,0	-
]500,1000]	-	15,0
]1000,10000]	1,5	-
]10000,15000]	-	150,0
]15000, ∞ [1,0	-

Para além das regras acima descritas a própria marca de conformidade tem regras na sua dimensão e no seu grafismo.

Com a incorporação desta marca de conformidade a Hempel Portugal está a dar uma garantia extra ao cliente de que a quantidade nominal mencionada nos rótulos das tintas é verdadeira e está devidamente controlada.

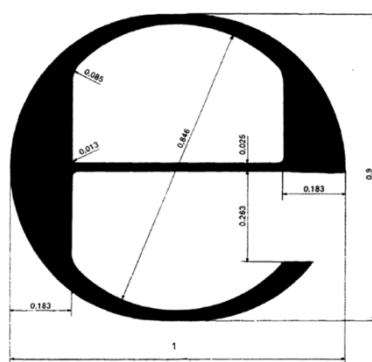


Figura 6.2-Grafismo da marca de conformidade²⁷.

De forma a obter a marca de conformidade (presente graficamente na Figura 6.2) foi feita no âmbito deste trabalho, uma folha guia que explica ao operador todos os passos a realizar quando forem incorporadas as balanças adjacentes à linha 1 e 2, o que virá a permitir a obtenção da marca de conformidade (Figura A.4 em anexo).

7. Saúde, Segurança e Ambiente

7.1. Sustentabilidade

O grupo Hempel tem uma grande preocupação com a sustentabilidade. Esta preocupação leva à tentativa constante de encontrar estratégias que possibilitem a diminuição do impacto ambiental que a produção de tintas carrega. Na Hempel, o resíduo é um dos impactos ambientais mais significativos.

Como parte do compromisso da Hempel com a sustentabilidade e eficiência em toda a cadeia de produção e fornecimento (*Supply Chain*), existe um foco na melhoria da gestão de resíduos em todas as Unidades de Produção do grupo Hempel.

Em linha com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas o grupo Hempel identificou cinco objetivos nos quais acredita que pode agregar mais valor ao seu trabalho, e que estão indicados na Figura 7.1.



Figura 7.1- 5 Objetivos do grupo Hempel.

Há também um grande esforço para conseguir que os clientes consigam reduzir o seu impacto ambiental. Desta forma o grupo está, gradualmente, a deixar de utilizar matérias-primas perigosas e, tal como referido anteriormente, os resíduos são geridos de forma adequada e assumindo a reciclagem dos mesmos sempre que possível, reduzindo o consumo de energia e a produção de resíduos em todas as suas atividades.

Para além de todas estas medidas o grupo Hempel tem certificações numa vasta gama de áreas que obedecem aos critérios internacionais mais exigentes. Todas as 28 fábricas do grupo dispõem de um laboratório de controlo de qualidade que assegura a qualidade das matérias-primas e controla todos os lotes de acordo com as especificações formuladas. O grupo possui também 53 instalações com certificação ISO 9001, 31 instalações com certificação ISO 14001 e 9 instalações com certificação OHSAS 18001/agora ISO 45001. Estas instalações passam por fábricas, laboratórios, centros de logística e armazéns.

A Hempel Portugal foi das primeiras fábricas a ter as 3 certificações e na Europa (região onde se encontram 7 fábricas) é uma das duas únicas fábricas a ter certificação de segurança (ISO 45001), certificações que demonstram o compromisso com a sustentabilidade, com as pessoas e com a sociedade.

7.1.1. Consumo de eletricidade

Para que seja possível produzir tintas é necessário recorrer a fontes energéticas. Cerca de 60 % da energia utilizada provém da eletricidade. Desta foram o grupo Hempel adotou estratégias no âmbito da diminuição de consumo de eletricidade nomeadamente através da utilização de programas de poupança de energia, da otimização de sistemas e máquinas e de procedimentos de desativação das máquinas quando estas não têm que estar ligadas ³².

¹Conjunto de 17 objetivos universais proclamados em 2015 pelas Nações Unidas para enfrentar os desafios ambientais, políticos e económicos com que o nosso planeta se depara.

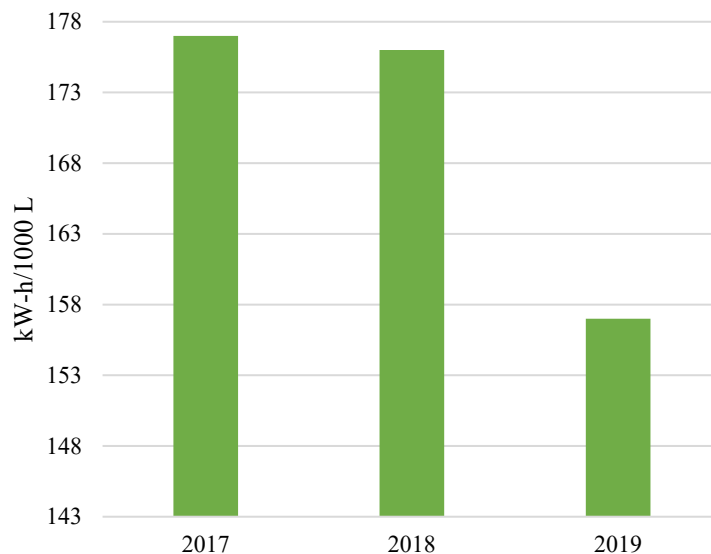


Figura 7.2- Gráfico de consumo de eletricidade em quilowatt-hora por 1000 litros de produto produzido em 2017, 2018 e 2019 ³².

Os resultados destas estratégias são notórios ano após ano. A maior diferença deu-se de 2018 para 2019, resultado das medidas acima descritas, como é visível na Figura 7.2. Com efeito, a diminuição de consumo de energia elétrica entre 2018 e 2019 foi de cerca de 6,5%, valor que está dentro do objetivo do grupo Hempel relativamente ao consumo de energia elétrica.

7.1.2. Resíduos

Neste subcapítulo serão mostrados os valores e estratégias adotadas pelo grupo Hempel e pela Hempel Portugal. No entanto é necessário salientar que apenas foram acompanhadas as estratégias, nunca tendo havido uma participação ativa nas decisões sobre as mesmas.

Para além da problemática acima referida uma das principais preocupações da Hempel está ligada à quantidade e ao tipo de resíduos que o fabrico de tintas produz.

Os resíduos produzidos pela Hempel podem ser divididos em quatro tipos consoante o destino: resíduos que serão reciclados, resíduos que serão incinerados, resíduos que serão reutilizados, e resíduos que irão para aterro. Destes quatro o mais preocupante é o resíduo que irá para aterro, visto que não terá outro tipo de finalidade. A Figura 7.3 contém os dados relativos aos destinos dos resíduos produzidos por todas as fábricas do grupo Hempel.

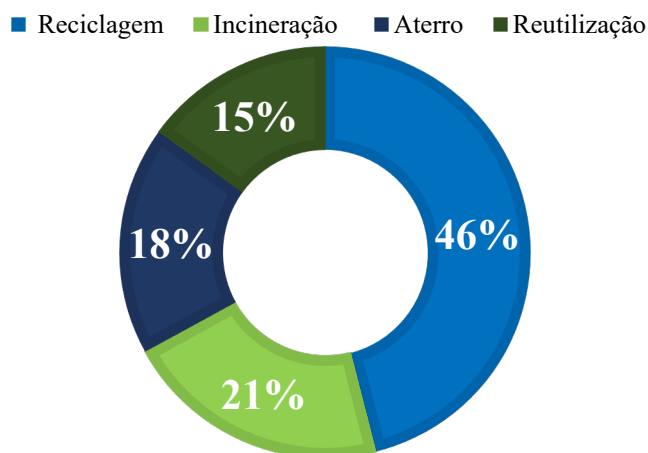


Figura 7.3- Percentagem dos destinos finais dos resíduos no ano de 2019 em todas as fábricas do grupo Hempel³².

Os resíduos que serão incinerados podem ser utilizados como fonte de energia visto que este processo liberta calor.

Os resíduos que serão reutilizados são chamados *rework*. Estes resíduos são produtos acabados que não serão comercializados e que, de forma a diminuir o prejuízo ambiental e económico, são incorporados de novo noutra produção de tinta. Desta forma não se abate o produto e este não foi desperdiçado.

Os resíduos destinados a aterro são os mais preocupantes para além de serem os que exigem mais tratamento. A preocupação deve-se ao facto de não haver outra utilização possível para os mesmos.

Os resíduos cujo fim é a reciclagem são os que, a partir de um tratamento adequado ao tipo de resíduo que se aborda, podem voltar a ser utilizados para outros fins ou até mesmo para o mesmo propósito.

Todas as regiões do grupo Hempel têm planos de redução de resíduos, em vigor, com metas de quantidades vinculativas. As iniciativas incluem otimizar o uso de matérias-primas, melhorar o tratamento de águas residuais, recuperar solventes e trabalhar com os fornecedores para reduzir o desperdício de embalagens.

O principal indicador de desempenho de resíduos para 2019 foi reduzir os resíduos com destino para aterro em 5 %. Este objetivo foi atingido por meio de um extenso exercício de mapeamento de resíduos em todos os locais de produção aplicáveis (28 fábricas), maior controle de dados, melhoria significativa dos processos de relatório e planos de redução de resíduos estruturados localmente.

Hempel Portugal

Na Hempel Portugal só há destino para três dos resíduos dos quatro mencionados acima: reciclagem, reutilização e aterro. A Figura 7.4 mostra a quantidade de resíduos perigosos, não perigosos e os que têm como destino o aterro no caso da Hempel Portugal.

Analisando a figura, é de salientar que a maioria dos resíduos produzidos pela fábrica da Hempel Portugal é maioritariamente classificado como resíduo perigoso. Assim sendo a escolha do destino e/ou tratamento dos resíduos é essencial para garantir a preservação ambiental.

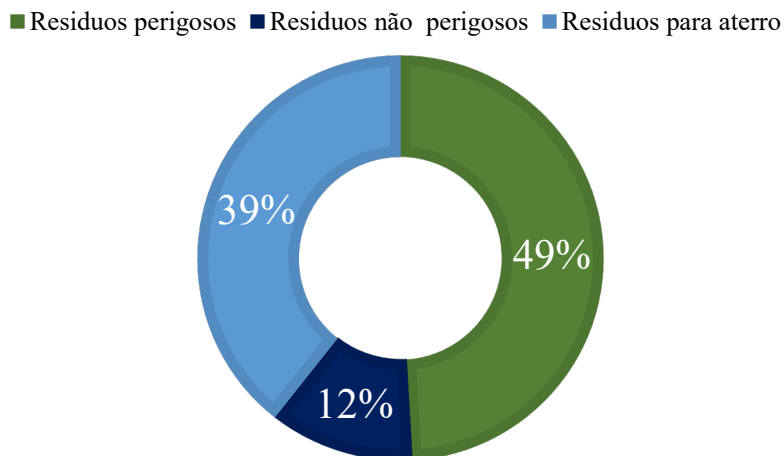


Figura 7.4- Percentagem relativa ao tipo de resíduos produzidos na Hempel Portugal.

Já na Figura 7.5 consegue comparar-se a quantidade de resíduos produzidos em quilogramas por 1000 litros de tinta produzidos na Hempel Portugal. É notório que, no mês de abril de 2020 houve um grande aumento na produção de resíduos, mas, na sua generalidade, a quantidade de resíduos produzidos em 2020 é menor do que em 2019. O mês de abril de 2020 teve este valor anormal devido ao facto de ter sido um dos meses com maior produção de sempre da fábrica Portuguesa.

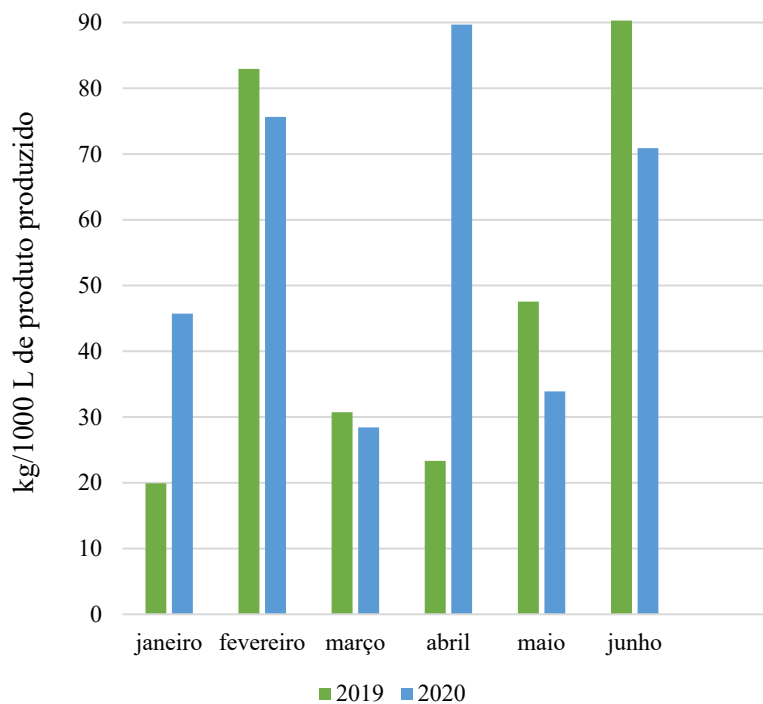


Figura 7.5- Gráfico da totalidade de resíduos, em quilogramas por 1000 litros de produto produzido, no primeiro semestre de 2019 e 2020 na fábrica de Portugal.

Resíduos a reciclar

No grupo Hempel é feita a reciclagem dos resíduos sempre que possível, como por exemplo reciclando o solvente sujo. Esta reciclagem é feita maioritariamente com o fim de se obter solvente limpo a partir da destilação dos líquidos de limpeza de máquinas.

Esta recuperação é feita a partir de um processo de destilação realizado numa destiladora da marca OFRU, modelo ASC- 500.

A destilação consiste num processo de separação de componentes das misturas com base na diferença do seu ponto de ebulição, a partir do aquecimento das mesmas.

Neste caso as misturas provêm das lavagens manuais e automáticas das máquinas e dos carros (local onde se produz tinta em quantidades menores relativamente aos reatores). Para realizar as lavagens acima mencionadas é utilizada uma substância designada por “HEMPEL DILUENTE CELULOSO 08P06” que tem de ser manuseada com cautela visto ser facilmente inflamável. Ao aquecer a mistura, a substância utilizada nas lavagens evapora e, posteriormente, condensa e é subsequente reutilizada.

Da destilação acima mencionada resulta solvente destilado e limpo que é recolhido continuamente a partir da destiladora para um tanque de recolha lateral. Para além do solvente limpo, esta destilação também origina resíduos de alta viscosidade que são esvaziados por gravidade, sobre uma válvula de escoamento no fundo do vaso cónico (equipado com um raspador de lâminas).

As características e quantidade do solvente limpo e dos resíduos vão depender das características dos resíduos a ser reciclados, ou seja, do diluente que origina o resíduo.

A colocação desta destiladora foi uma medida tomada pelo grupo Hempel que tinha como objetivo aumentar o desempenho ambiental de todo o grupo. Relativamente à instalação fabril portuguesa, foi implementada em 2014 e melhorou o rendimento e baixou o custo do solvente (visto que o mesmo é usado várias vezes). Na Figura 7.6 podemos ver o modelo da destiladora OFRU implementada na Hempel Portugal (vd. especificações da OFRU nas Figuras A.5 e A.6 em anexo)



Figura 7.6- Destiladora de solvente OFRU.

Resíduos para aterro

Recentemente, desde julho de 2020, após 1 ano de trabalho com as cimenteiras em Portugal, a Hempel Portugal conseguiu reduzir em larga escala a quantidade de

resíduos para aterro. Esta redução deve-se ao facto de se ter passado a utilizar estes resíduos como uma nova matéria prima para indústrias cimenteiras, *i.e.*, como alimento para os fornos das mesmas – sistema de coincineração. A diminuição significativa da quantidade dos resíduos mencionados fica bem patente na Figura 7.7.

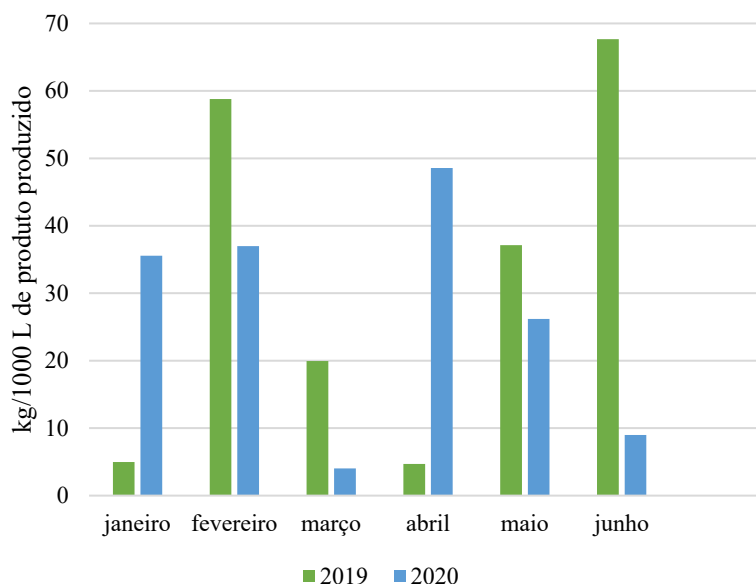


Figura 7.7- Gráfico da totalidade de resíduos para aterro, em quilogramas por 1000 litros de produto produzido, no primeiro semestre de 2019 e 2020 na fábrica de Portugal.

7.2. Emissões atmosféricas

Ao fabricar uma tinta é inevitável descartar a utilização de solventes e, sendo estes compostos altamente voláteis, é certo que uma certa percentagem desses compostos se evapora para a atmosfera. A presença destes compostos orgânicos na atmosfera pode ter consequências muito sérias relacionadas com a poluição do meio ambiente. Estes compostos foram designados como VOC's, compostos orgânicos voláteis (em inglês *volatile organic compounds*)^{14,33}.

Os compostos orgânicos voláteis, quando emitidos para a atmosfera, podem reagir com o oxigénio na presença de óxidos de azoto e com a luz proveniente do sol. Esta reação pode originar *smog* e ozono e estes compostos, quando encontrados em grande escala, podem provocar danos na saúde humana e animal (a nível pulmonar, ocular e dermatológico) bem como danos nas plantas e nos ecossistemas. Com o intuito de minimizar os danos provocados pelos VOC's muitos países impuseram legislação restritiva para a redução de emissões destes compostos^{14,33}. A Diretiva Europeia relativa à pintura, EU 2004/42/CE, define um VOC como um composto orgânico com um ponto de ebulição inferior ou igual a 250 °C à pressão de 1 atm^{14,33}.

A fabrica Hempel Portugal dispõe de um sistema de extração combinado com filtros de carvão ativado que abrange toda a área de risco. Desta forma previne qualquer dano para a saúde ou mesmo para o ambiente. Realiza também duas monitorizações por ano ao seu efluente gasoso que têm sempre estado abaixo dos valores limite legislados (200 mg/Nm³³⁴).

7.3. Efluentes líquidos

Como qualquer outra fábrica, a Hempel produz efluentes domésticos (refeitório, casas de banho, etc) e efluentes industriais. Relativamente aos efluentes industriais, a maior fonte de geração dos mesmos está presente na lavagem dos tanques, carros e máquinas diversas. Estes efluentes contêm altas concentrações de solventes e sólidos resultantes dos restos de tinta e, tanto uns como os outros, necessitam de um tratamento residual adequado³³.

Na Hempel Portugal, existe uma ETAR para o tratamento dos seus efluentes industriais.

Com o intuito de maximizar a utilização dos solventes foi adquirida, como já foi referido, uma destiladora OFRU que permite a reutilização dos solventes diminuindo em grande escala a quantidade de resíduos resultantes dos mesmos.

7.4. Segurança e Saúde no trabalho

7.4.1. Equipamentos de proteção individual (EPI's)

De forma a assegurar a proteção individual no ambiente fabril é necessário recorrer ao uso EPI's que variam consoante o tipo de indústria e trabalho a que se destinam. Para a elaboração deste estágio e, tendo em conta que a maior parte do tempo do mesmo era passado dentro da fábrica, foram utilizados os seguintes EPI's: botas de biqueira de aço em toda a zona fabril, máscara FFP2 nas zonas de utilização de solventes, máscara de pó na zona de produção; luvas PVC quando se manuseava solventes no laboratório, luvas de nitrilo no laboratório, boné de proteção em toda a zona fabril e farda constituída por uma blusa de manga comprida de forma a evitar a eletricidade estática.

7.4.2. Segurança no trabalho com o aparecimento do SARS-CoV-2

Com o aparecimento do novo vírus da família dos coronavírus, várias práticas correntes tiveram que ser modificadas nomeadamente em ambiente fabril.

A Hempel dá bastante importância às condições de segurança, saúde e higiene dos trabalhadores e teve de elaborar um plano de contingência que cumprisse com todas as regras Direção Geral de Saúde (DGS). Para além do cumprimento destas regras era também importante assegurar o bom funcionamento da fábrica e dar segurança aos seus trabalhadores.

Assim como sugerido pela DGS todos os trabalhadores cujo trabalho não era necessário ser feito em fábrica foram para casa continuando em teletrabalho, tendo uma representatividade muito reduzida nas instalações fabris de cerca de 15%.

O uso de máscaras passou a ser obrigatório a partir do momento que se entre na instalação fabril, podendo esta ser retirada quando o trabalhador está numa área isolada. Relativamente às refeições: na Hempel existe um refeitório que serve o pequeno almoço, o almoço e o lanche a todos os trabalhadores. Os alimentos são pedidos ao balcão e é feita uma fila para estes pedidos com a distância de segurança exigida (havendo marcas no chão para delimitar esse espaço). Só durante as refeições é possível retirar a máscara de proteção.

8. Conclusões e perspectivas futuras

O principal objetivo deste projeto era a implementação metrológica nas linhas de enchimento e na produção de tintas. Esta implementação foi feita com sucesso e foi dada a formação necessária aos operadores para que este controlo fosse rigoroso e assíduo. Esta formação teve resultados positivos visto que, nos últimos meses, os operadores já manuseavam as controladoras de maneira autónoma e correta.

A controladora de peso inserida na linha 8 conduziu a resultados mais favoráveis e também mais expectáveis do que a da linha 7. Após a recalibração da linha 8, os resultados obtidos estavam dentro do intervalo objetivo [$\pm 0,5\%$], não se verificando oscilações acentuadas entre a massa teórica e a massa média por lote. Para além da diferença entre as massas estar sempre dentro do intervalo-objetivo, a comparação entre as pesagens das duas balanças da linha mostrou que ambas eram concordantes e que a diferença de massa medida pelas duas balanças correspondia maioritariamente à incerteza da controladora de peso, *i.e.*, ± 20 gramas.

Por outro lado, a controladora de peso inserida na linha 7 mostrou alguns problemas logo desde o início. A composição da linha não era a mais adequada e, desta forma, a mesma teve que sofrer alterações. A controladora sofreu alguns danos com o incorreto manuseamento e foi necessário substituir uma célula e sujeitá-la a uma calibração. Mesmo depois das alterações da linha e da substituição da célula da controladora, os resultados continuaram a não ter um comportamento expectável pois a diferença de massa era inconstante, passando rapidamente de demasiado alta para dentro do intervalo-objetivo. Numa tentativa de confirmar se as duas balanças da linha eram concordantes, compararam-se os valores determinados por ambas e os resultados obtidos mostraram que as balanças não eram concordantes.

O controlo metrológico e a correta escolha de tanques para produção de tintas levaram a um aumento de rendimento significativo: 0,94% para o primário e 0,45% para o agente de cura. Foi também adquirido um moínho de esferas com uma tecnologia mais avançada o que levou a uma diminuição de tempo médio em que a tinta ficava retida no moínho. Desta forma, o aumento de rendimento foi não só em termos de produção, mas também em termos de poupança de tempo.

O controlo de qualidade na Hempel Portugal passa por análises relativamente simples que num curto espaço de tempo permitem concluir se a tinta está ou não corretamente preparada. As semanas passadas no laboratório da Hempel Portugal permitiram perceber quais os testes a que as tintas eram sujeitas ao longo da sua produção e a importância do rigor dos mesmos para o acabamento final da tinta.

A produção de tintas no laboratório da Hempel Portugal mostrou a importância do rigor para assegurar as características pretendidas no produto final. A formulação de tintas também permitiu uma maior sensibilidade na perceção da produção de tintas e, um melhor entendimento das etapas onde poderá haver maior ou menor perda de matéria. Com a produção das duas novas tintas também foi possível perceber melhor quais as etapas do processo onde há maior produção de resíduos, neste caso a etapa onde a tinta passa pelo moínho de esferas.

Em termos de ações futuras um dos pontos mais importantes será calibrar a balança da linha 7 e reavaliar o desempenho da controladora de peso para concluir se a problemática desta linha está ou não associada ao desempenho da controladora. Um outro aspeto que seria importante implementar era a inserção das balanças adjacentes às linhas de enchimento 1 e 2, cujo programa foi elaborado durante este estágio, uma vez que isso possibilitará a incorporação da marca de conformidade “e” que dará uma garantia extra de qualidade aos consumidores dos produtos da Hempel Portugal.

A realização deste estágio no âmbito da dissertação de mestrado possibilitou-me a inserção num ambiente industrial que de outra forma não iria ter. Este estágio preparou-me para o mundo real uma vez que fui constantemente confrontada com adversidades e problemas inesperados.

Uma das maiores dificuldades deste trabalho foi a dependência constante de terceiros. Todos os dados analisados neste trabalho de mestrado só foram possíveis com a ajuda de todos os operadores de linha da Hempel Portugal. Para além disto, o surgimento da pandemia de SARS-CoV-2 atrasou o setor industrial globalmente e obrigou-me a uma paragem forçada de 3 meses o que obviamente se refletiu na quantidade e qualidade dos resultados obtidos no decurso deste trabalho.

9. Bibliografia

1. Factos Sobre Arte Rupestre - National Geographic. Available at: <https://www.natgeo.pt/video/tv/factos-sobre-arte-rupestre> (acedida em 10 de junho de 2020).
2. Fazenda, J. M. R. *Tintas & Vernizes: Ciência e Tecnologia*. Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas (2005).
3. Nogueira, J. L. *Noções Básicas de Tintas e Vernizes*. **1** (2008).
4. Egyptian blue: more than just a colour | Feature | Chemistry World. Available at: <https://www.chemistryworld.com/features/egyptian-blue-more-than-just-a-colour/9001.article> (acedida em 10 de junho de 2020).
5. Streitberger, H.-J., Goldschmidt, A. *BASF Handbook Basics of Coating Technology*. *BASF Handbook Basics of Coating Technology* (2003). doi:10.1515/9783748600251.
6. Clemson, E., Cream, I. *Production Training Manual '55*. (Production & Logistics Europe, 2016).
7. Stoye, D., Freitag, W. *Paints, Coatings and Solvents*. Wiley-VCH (1998). doi:10.1002/9783527611867.
8. Carranquinha, A. C. G. *Implementação de Novos Métodos para Quantificação dos Constituintes de Tintas Aquosas: Determinação dos Teores de Cargas e Pigmentos, de Ligante e de Dióxido de Titânio*, dissertação de mestrado integrado em Engenharia Química, Instituto Superior Técnico (2011).
9. Marrion, A. R. *The Chemistry and Physics of Coatings* (1994). doi:10.1039/9781847558206.
10. HEMPEL opening training - Módulo I (2006).
11. Antunes, A. *Utilização de Cargas Funcionais em Tintas em Pó*, dissertação de mestrado em Engenharia Química, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (2014).
12. *Norma Portuguesa 41:1982 (Ed. 3) Tintas e vernizes – Terminologia. Definições*. (1982).
13. Os Pigmentos e as tintas a óleo. O que sabes sobre os pigmentos? <https://www.amopintar.com/os-pigmentos/> (acedido em 5 de novembro de 2020)
14. Mannari, V., Patel, C. J. *Understanding Coatings Raw Materials*, European Coatings Library, Vincentz Network, Hanover, Germany (2015). doi:10.1515/9783748600374.
15. Talbert, R. *Paint Technology Handbook*, CRC Press, Boca Raton (2007). doi:10.1201/9781420017786.
16. Five facts about the Portuguese coatings market / Coatings market / Markets & companies-European-coatings.com.[https://www.european-coatings.com/Markets-companies/Coatings-market/Five-facts-about-the-Portuguese-coatings-market/\(language\)/eng-GB](https://www.european-coatings.com/Markets-companies/Coatings-market/Five-facts-about-the-Portuguese-coatings-market/(language)/eng-GB) (acedido em 10 de agosto de 2020).
17. Ranking: Europes top 25 coatings manufacturers in 2020 / Coatings market / Markets & companies - European-coatings.com. [https://www.european-coatings.com/Markets-companies/Coatings-market/Ranking-Europes-top-25-coatings-manufacturers-in-2020/\(language\)/eng-GB](https://www.european-coatings.com/Markets-companies/Coatings-market/Ranking-Europes-top-25-coatings-manufacturers-in-2020/(language)/eng-GB) (acedido em 10 de agosto de 2020).
18. Development of the European paint and coatings market. [https://www.european-coatings.com/Markets-companies/Coatings-market/Development-of-the-European-paint-and-coatings-market/\(language\)/eng-GB](https://www.european-coatings.com/Markets-companies/Coatings-market/Development-of-the-European-paint-and-coatings-market/(language)/eng-GB) (acedido em 10 de

- agosto de 2020).
19. The story of Hempel - Hempel Foundation.
<https://www.hempelfonden.dk/en/who-we-are/the-story-of-hempel/> (acedido em 13 de janeiro de 2020).
 20. Tintas do Mundo – Hempel | Tintas e Pintura. <https://www.tintasepintura.pt/tintas-do-mundo-hempel/> (acedido em 20 de janeiro de 2020).
 21. Corte-Real, L. *Manual de Acolhimento*, HEMPEL Portugal (2018).
 22. Gomis, M. *Dispersion Optimisation Guideline, part 2: Equipment and Operation Practice*, HEMPEL (2013).
 23. Varpe Control de Peso S.A., *Manual do Usuário*
https://www.varpe.com/wp-content/uploads/2020/10/Checkweigher_V2000.pdf (2020).
 24. Sinmetro, L. Utilização do Sistema ACCEPT gml - Operadores (2018).
 25. Drying Time Recorder.
<https://www.neurtek.com/en/coating-test-equipment/paint-control/drying-time-recorder> (acedido em 12 de novembro de 2020).
 26. Vocabulário Internacional de Metrologia - Conceitos Fundamentais e Gerais e Termos Associados.
http://www1.ipq.pt/PT/Metrologia/Documents/VIM_IPQ_INMETRO_2012.pdf. (acedido em 4 de agosto de 2020).
 27. Ministério da Indústria e Energia. Portaria n.º 1198/91. Diário da República, 18 de Dezembro de 1991 **6681** (1991).
 28. Ministério da Economia e da Inovação. Decreto-Lei n.º 199/2008. Diário da República, 8 Outubro 2008 **7133**, 1–4 (2008).
 29. Godinho, I., Pereira, C.S., Santos, D.A. *Controlo metrológico legal pré-embalados sólidos e líquidos*, IPQ (2016).
 30. Directiva do Conselho de 20 de Janeiro de 1976. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias* **0709**, 24–26 (1974).
 31. Cumpro todos os requisitos legais no âmbito dos pré-embalados.
<https://www.accept.pt/pre-embalados-cumpro-todos-os-requisitos-legais/> (acedido em 21 de Abril de 2020).
 32. Environment - Hempel.
<https://www.hempel.com/inspiration/sustainability/environment> (acedido em 5 de novembro de 2020)
 33. ABRAFATI. Tintas e Vernizes - Guia técnico ambiental Tintas e Vernizes - Série P+L. **1**, (2006).
 34. Portaria nº 190-B/2018 (Anexo 1), Diário da República, 1.ª série - N.º 125 - 2 de julho de 2018, que transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º (UE) 2015/2193, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de novembro de 2015.

Anexos

V2000

New range of checkweighers

The V2000 equipment range offer a robust and stable manufacturing with advanced electronic weighing, high precision, advanced software and improved ergonomics in its design.

Maintains flexibility, easy installation and commissioning, betting on the new technology: comprehensive menu-driven touch screen, communication systems and versatility.



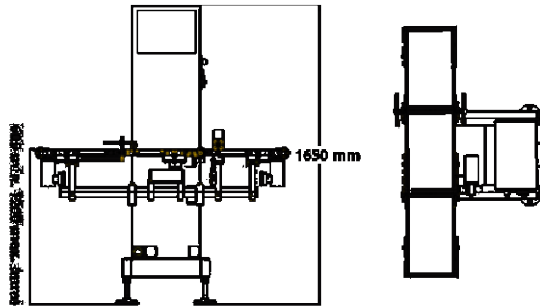
Varpe dynamic checkweighers increase benefits of your production

Figura A.1- Manual de utilização VARPE 2000, parte 1.

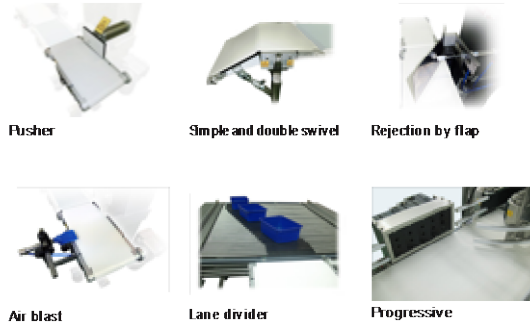
Technical features

Production units / minute	Up to 400	Rejection signaltime control	Yes
Accuracy	From $\pm 0,2$ g	Motor	Asynchronous &/or Servo Motor
Unit of division	From 0,1 g	Operating temperature	0-40 °C
Storable memory formats	Up to 900	Frame construction	Stainless steel
Display	LCD-LED touch colour 12"	Working height	600 / 1200 mm
Protection	IP65	Conv. dimensions	Adapted to product needs
Maximum weight	Up to 10 kg		
Emergency stop	Yes		

Dimensions



Rejection systems



Options

Several rejection devices (pusher, air blast, deviation flap, swivel, progressive, retracting, lane divider)

Reject confirmation

Lockable reject collection bin

Collection bin level sensor

Product handling options (lateral guides, product guides, superior and sidebands, rolls)

Protections (protections against air drafts, avoid access, etc.)

Up to 20 kg weighting range available on request

Light &/or sound alarm

USB port connector

Data printer

IP66 protection

Reinforcement base for antivibration

Barcode reader

Automatic speed controller

Levelter

Sensors adapted to the product

Independent baseplate

Swivel display

Voltage adapted to client needs

Automatic print listings

Central data connection DATAHUBWEB, MOD BUSTCPIP, DATAHUBLT

Ethernet connections, RS232 and RS485

Users control

Auditing

Autuzero - Autotrack

Dynamic adjustment in production

Production stoppages control

Production control

Remote communication for distant maintenance

FID system (FEEDBACK)

Possibility of double weight verification lanes

Software to improve performance and profitability available on request

Full control all the packages have been processed correctly

System to prevent furtive packages

Compliance with MID directive

* Varpe offers possibility of adapting standard specifications to customer requirements

VARPE CONTROL DE PESO SA, Pasaje Amaluna 14-16 - Pol. Ind. Santiga - 08210 Barberà del Vallès
Barcelona - España +34 937 479 570 www.varpe.com sales@varpe.es



Version 2



Figura A.2- Manual de utilização VARPE 2000, parte 2.



Novo enchimento:

- 1) Selecionar **Programar**
- 2) Selecionar **Formatos**
- 3) Selecionar **Copiar formato**
- 4) Escolher fabrico com lata igual (2,5ltr, 5ltr, 10ltr ou 20 ltr) e selecionar **Aceitar**
- 5) Escolher número disponível para criar novo formato e selecionar **Aceitar**
- 6) Introduzir nº do fabrico, peso líquido e os limites máximo e mínimo e selecionar **Aceitar**
- 7) Voltar ao menu principal
- 8) Selecionar **Mudar formato**
- 9) Escolher fabrico criado e selecionar **Aceitar**
- 10) Voltar ao menu principal
- 11) Selecionar **Produção**, selecionar **Histograma** e iniciar o enchimento

Peso tinta + lata	Tolerância (g)
1 a 3 kg	± 20 g
3 a 5 kg	± 25 g
5 a 8 kg	± 45 g
8 a 10 kg	± 75 g
10 a 15 kg	± 100 g
15 a 30 kg	± 150 g
30 a 60 kg	± 200 g

Embalagem	Tara (g)
Lata 2,5 L + Aro + tampa	430
Lata 5 L + Aro + tampa	520
Lata 10 L + tampa	1420
Lata 20 L + tampa	1760

Figura A.3 -Folha "guia" para utilização e programação da VARPE preparada com o objetivo de ensinar os operadores a manusear a balança.

Novo enchimento:

- 1) **Ligar** a balança
- 2) Nomear o lote e o produto a controlar
- 3) **Definir** a massa a pesar
- 4) **Pesar** número de baldes consoante o total por lote (valores na tabela)
- 5) **Reportar** ao chefe de turno caso o lote seja rejeitado

Número de latas por lote	Amostras a pesar	Número de unidades defeituosas	
		Aceite	Rejeitado
[100,150]	20	1	2 ou mais
[151,280]	32	2	3 ou mais
[281,500]	50	3	4 ou mais
[501,1200]	80	5	6 ou mais
[1201,3200]	125	7	8 ou mais
[3201, ∞ [200	10	11 ou mais

Figura A.4 -Folha "guia" para possibilitar a incorporação da marca de conformidade, preparada com o objetivo de ensinar os operadores a manusear a balança adjacente à linha.



Solvent Recovery Plant US-Version

The ASC-Series, one of the most modern distillation plants worldwide, is constructed with a compact design, is powerful and very easy to use.



solvent. At the same time a high distillation rate is reached with a small vessel volume. Only an electrical connection is necessary for the integrated steam heating system.

A high-speed vacuum pump transfers the dirty solvent to the evaporator and guarantees a continuous 24 hour operation. During automatic distillation the quantity of solvents which is evaporated is automatically refilled by small portions again. This automatic process is adjusted by the timer. **Timer 1 "Continuous Distillation"**: If the set time has passed or the tank of dirty solvent is empty, the plant switches automatically to **Timer 2: Final distillation mode "Sump Distillation"**. The continuous filling is stopped and the remaining solvent mixture in the vessel is evaporated to a thick concentrate. After the time has passed the plant switches off and is ready for the manual or fully automatic emptying.

The distilled and cleaned solvent flows continuously from the distilling plant into a build-lateral tank. A further characteristic of the ASC evaporators is a slow-running agitator with automatic self adjusting scraper blades made out of PTFE. These blades optimally clean the conical evaporator vessel and need no re-adjustment. The total distillation process is controlled by a SIEMENS microprocessor.

The ASC-500 is a most comfortable vacuum distillation unit out of the professional series ASC. It includes a modern integrated steam heating system.

A characteristic is the conical distillation vessel made of stainless steel, where the lateral surface is heated with steam. The steam in the double jacket transfers the energy extremely fast into the

The emptying of the high-viscosity residue is done by natural gravity over a drainage valve at the bottom of the conical round vessel. The plant can be re-filled again automatically with dirty solvent. A new continuous recycling process begins.

Typical area of application: 211-476 gal / shift

EX Class: EX II 2G c T3



UL-conform

Sample Installation:

- ASC-500 50 kW with Ex-Zone housing



Figura A.5- Manual de utilização OFRU, parte 1.

Technical data

Technical data	ASC-500 50 kW (US-Version)
Total vessel volume	132 gal
Filling volume constantly, level controlled	~66 gal
Distillation rate approx.	26-58 gal/hr *
Heating-up time approx.	0,5 hr *
Heating temperature	Max. 180 °C / 356 °F
Vacuum abs.	Max. 50 mbar
Electrical connection	480Y / 277V, 60Hz, grounded wye
Power consumption steam heating generator	50 kW
Power consumption vacuum unit	1,1 kW
Consumption air pressure approx.	6 bar max., 50 l/min, 13 gal/min
Eff. cooling capacity necc. approx.	40 kW
Consumption cooling water (8-12° C / 46-53 °F) approx.	4 m ³ /hr / 1.060 gal/hr
Width x Depth x Height approx.	2,20 x 1,10 x 3,20 [m]
Weight approx.	~1.500 kg

* Dependent on kind and composition of the solvent, kind of contamination and its share, heating temperature, vacuum pressure, coolant temperature and pressure, boiling characteristics.
 **Depository, notified body acc. IRL 2014/34E-U

Product benefits

- Almost all product-contacting parts in stainless steel
- Automatic and continuous filling with dirty solvents
- Filling level is constantly controlled = Mostly constant output
- Excellent conical distillation vessel in stainless steel AISI 304 with lathed and plain surface: Easy and complete drainage of vessel content by natural gravity and scraper support
- Perfect scraper system: Blades keep the evaporator walls free from depositions, no re-adjustment necessary, guaranteeing an optimal and real cleaning effect.
- Water cooling: Optimal condensation of solvent vapours even at high ambient temperature
- Integrated modern steam heating system: Solvent is heated up faster than with conventional thermal oil heating systems, no oil change necessary = saves money and maintenance, no incrustation of heating elements any more, always constant heating power, no oil sludge in the machine, closed system: No corrosion of vessel due to humidity or salty air going daily into a thermal oil heating jacket
- Electric control board with SIEMENS S7 1200 digital control inside
- Control cabinet (Non-Ex) with SIEMENS HMI Color TFT-Comfort Panel with touch operation and process monitoring
- Automatic operation
- Auto-stop: When dirty solvent drum or external dirty solvent tank is empty, when the temperature is too high, when too little thermal oil remains, or when there is too little cooling water flow
- Constructed according to latest EU directives: A high level of operational safety is standard

OFRU Recycling Corporation · 80 Pine Street, Floor 24 · New York, NY 10005 · phone (646) 405-1035 · info@ofru.com · www.ofru.com

Catalog No. 27 800 026

OFRU reserves the right to alter specifications and other product information without notice. It is your responsibility to obtain the latest information. This publication is for general guidance only. Photographs, illustrations and technical data may show design models and can differ from other. Technical data, in particular the distillation rate is for general guidance. The distillation rate depends *always* on kind and composition of the solvent, kind of contamination and its share, heating temperature, vacuum pressure, coolant temperature and pressure, boiling characteristics. Special safety consideration requires the distillation of nitrocellulose containing printing inks/solvents. In practical situation technical data regarding distillation rate can deviate upward or down. Copyright OFRU Recycling GmbH & Co. KG. All rights reserved. This information is supplied without liability.

Figura A.6- Manual de utilização OFRU, parte 2.

Tabela A. 1- Dados brutos para obtenção do gráfico da Figura 5.1 (a cinzento estão indicados os dados obtidos a partir da presença da mestranda na Hempel).

Data de Produção	Rendimento
17/01/19	95,88
24/01/19	96,80
05/02/19	99,94
06/02/19	98,51
12/02/19	99,83
15/02/19	97,23
13/03/19	98,91
21/03/19	96,29
02/04/19	99,60
03/04/19	97,46
09/04/19	99,45
17/04/19	97,16
09/05/19	95,92
20/05/19	97,44
02/07/19	98,55
04/07/19	98,41
24/07/19	97,66
31/07/19	97,73
01/08/19	99,70
07/08/19	97,23
16/08/19	96,68
23/08/19	96,82
10/09/19	99,83
24/09/19	99,58
30/09/19	97,17
15/10/19	98,83
18/10/19	99,69
06/11/19	98,98
27/11/19	98,79
16/12/19	99,44
20/01/20	98,59
28/01/20	774,38
03/02/20	98,59
10/02/20	98,59
12/02/20	98,74
19/02/20	98,54
26/02/20	98,54
27/02/20	96,47
13/03/20	98,83
23/03/20	99,67

Tabela A.1 cont.	
Data de Produção	Rendimento
09/04/20	98,72
17/04/20	98,61
02/10/20	0,00
09/10/20	0,00
06/01/20	98,00
12/02/20	98,74
19/02/20	98,54
26/02/20	98,54
13/03/20	98,83
23/03/20	99,67
08/04/20	98,84
20/05/20	98,81
09/04/20	98,72
28/04/20	98,66
17/04/20	98,61
05/05/20	98,90
05/05/20	98,67
13/05/20	98,58
13/05/20	98,64
29/05/20	98,51
03/06/20	98,68
17/06/20	98,56
01/07/20	98,98
13/07/20	99,87
03/08/20	98,57
21/08/20	98,52
03/09/20	98,60
27/02/20	96,47
20/01/20	98,59
07/01/20	98,86
28/01/20	774,38
03/02/20	98,59
10/02/20	98,59

Tabela A. 2-Dados brutos para obtenção do gráfico da Figura 5.2 ((a cinzento estão indicados os dados obtidos a partir da presença da mestranda na Hempel).

Data de Produção	Rendimento
14/01/19	97,00
23/01/19	98,87
14/02/19	98,37
15/02/19	97,71
07/03/19	98,33
14/03/19	95,15
14/03/19	99,70
19/03/19	99,35
16/04/19	95,02
30/04/19	97,77
20/05/19	96,63
21/05/19	98,34
22/05/19	97,80
23/05/19	95,65
01/07/19	96,30
04/07/19	99,41
12/07/19	98,80
24/07/19	99,74
26/07/19	99,76
12/09/19	97,52
23/09/19	99,07
10/10/19	99,20
14/10/19	99,08
15/10/19	99,56
21/11/19	98,63
21/11/19	99,62
30/12/19	98,86
07/01/20	98,88
07/01/20	99,82
16/01/20	99,90
28/01/20	99,21
29/01/20	99,92
14/02/20	98,78
18/02/20	98,61
04/03/20	98,65
23/03/20	98,77
24/03/20	99,77
25/03/20	99,64
08/04/20	98,61
23/04/20	98,60
23/01/20	99,90

Tabela A.2 cont.	
Data de Produção	Rendimento
27/03/20	99,77
21/02/20	98,61
19/02/20	98,78
09/03/20	98,65
30/03/20	98,77
30/03/20	99,64
13/04/20	98,61
28/04/20	98,60
26/05/20	99,83
20/05/20	98,62
20/05/20	98,85
18/05/20	98,60
22/05/20	98,73
03/07/20	99,96
19/08/20	98,63
24/08/20	99,05
17/09/20	99,46
06/10/20	98,53
10/01/20	98,88
10/01/20	99,82
31/01/20	99,21
05/02/20	99,92

Tabela A. 3- Dados brutos para obtenção do gráfico da Figura 5.3 (a cinzento estão indicados os dados obtidos a partir da presença da mestranda na Hempel).

Data de Produção	Rendimento
25/01/19	97,48
28/02/19	97,47
01/03/19	98,61
01/03/19	97,32
06/03/19	98,05
14/03/19	97,64
18/03/19	99,50
18/03/19	99,71
28/03/19	99,11
09/04/19	97,92
10/04/19	99,10
11/04/19	99,56
24/04/19	99,69
26/04/19	98,10
30/04/19	96,35
03/05/19	97,60
08/05/19	99,15
09/05/19	98,20

Tabela A.3 cont.	
Data de Produção	Rendimento
10/05/19	96,63
14/05/19	99,01
27/05/19	98,81
06/06/19	96,75
07/06/19	98,61
11/06/19	97,85
13/06/19	98,52
17/06/19	98,49
18/06/19	98,45
21/06/19	99,38
27/06/19	98,91
28/06/19	95,95
01/08/19	96,55
05/11/19	98,64
06/11/19	98,50
12/11/19	98,63
13/11/19	98,89
11/12/19	98,91
11/12/19	98,71
26/12/19	99,18
27/12/19	98,54
07/01/20	98,88
09/01/20	98,56
15/01/20	98,63
16/01/20	98,85
06/02/20	98,58
12/02/20	98,59
14/02/20	98,87
14/02/20	98,52
14/02/20	98,58
18/02/20	98,61
19/02/20	98,78
21/02/20	98,69
24/02/20	98,82
24/02/20	98,55
28/02/20	98,67
02/03/20	98,58
05/03/20	98,73
06/03/20	98,69
11/03/20	98,68
12/03/20	98,59
13/03/20	98,50
13/03/20	99,67

Tabela A.3 cont.	
Data de Produção	Rendimento
18/03/20	99,27
23/03/20	98,82
24/03/20	99,18
25/03/20	98,59
27/03/20	98,77
01/04/20	98,71
03/04/20	98,56
06/04/20	98,74
07/04/20	98,56
09/04/20	98,63
14/04/20	98,60
14/04/20	98,68
17/04/20	98,52
17/04/20	98,72
21/04/20	98,50
22/04/20	98,56
28/04/20	98,66
05/05/20	98,59
07/05/20	99,94
07/05/20	99,17
13/05/20	98,88
13/05/20	98,90
13/05/20	98,88
19/05/20	98,56
19/05/20	99,08
29/07/20	98,72
31/07/20	98,71
05/08/20	98,65
07/08/20	99,10
14/08/20	98,80
19/08/20	99,08
19/08/20	98,55
31/08/20	98,77
02/09/20	98,66
14/09/20	98,74
16/09/20	99,43
01/10/20	98,81
07/10/20	98,80
14/10/20	99,37
14/10/20	99,20
16/10/20	98,75

Tabela A. 4- Dados brutos para obtenção do gráfico da Figura 5.4.

Massa (g)	Massa média (g)	Diferença	% da diferença	Enchimento
26780,0	26800,5	20,5	0,08	1
27650,0	27614,1	-35,9	-0,13	2
4530,0	4535,2	5,2	0,12	3
18110,0	18154,5	44,5	0,25	4
16200,0	16222,3	22,3	0,14	5
21030,0	21038,6	8,6	0,04	6
26780,0	26747,8	-32,2	-0,12	7
6750,0	6745,4	-4,6	-0,07	8
27000,0	26999,7	-0,3	0,00	9
21410,0	21376,7	-33,3	-0,16	10
7450,0	7446,0	-4,0	-0,05	11
4730,0	4732,4	2,4	0,05	12
18950,0	18945,2	-4,8	-0,03	13
5460,0	5452,7	-7,3	-0,13	14
21890,0	21899,3	9,3	0,04	15
24750,0	24683,6	-66,4	-0,27	16
20560,0	20517,5	-42,5	-0,21	17
26400,0	26368,2	-31,8	-0,12	18
6600,0	6591,1	-8,9	-0,14	19
26400,0	26342,9	-57,1	-0,22	20
6600,0	26340,0	19740,0	74,94	21
6130,0	6131,8	1,8	0,03	22
24520,0	24459,7	-60,3	-0,25	23

Tabela A. 5-Dados brutos para obtenção do gráfico da Figura 5.5.

Massa (g)	Massa média (g)	Diferença	% da diferença	Enchimento
27120,0	27134,6	14,6	-0,05	1
25600,0	25593,5	-6,5	0,03	2
24840,0	24862,5	22,5	-0,09	3
26740,0	26741,3	1,3	-0,01	4
25710,0	25691,5	-18,5	0,07	5
20930,0	20898,1	-31,9	0,15	6
31540,0	21348,1	-10191,9	32,31	7
38260,0	38198,4	-61,6	0,16	8
2220,0	2221,5	1,5	-0,07	9
4920,0	4932,0	12,0	-0,24	10
24720,0	24721,4	1,4	-0,01	11
25170,0	25170,4	0,4	0,00	12
21570,0	21501,0	-69,0	-0,32	13

Tabela A. 6- Dados brutos para obtenção do gráfico da Figura 5.6.

Massa (g)	Massa média (g)	Diferença	% da diferença	Enchimento
5720,0	5736,4	16,4	0,29	24
16890,0	16875,8	-14,2	-0,08	25
35800,0	35790,0	-10,0	-0,03	26
25860,0	25825,7	-34,3	-0,13	27
20910,0	20889,7	-20,3	-0,10	28
4280,0	4278,7	-1,3	-0,03	29
7480,0	7462,9	-17,1	0,23	30
24840,0	24862,9	22,9	0,09	31
23880,0	23843,7	-36,3	-0,15	32
25500,0	25508,4	8,4	0,03	33
26860,0	26851,2	-8,8	-0,03	34
26940,0	26955,5	15,5	0,06	35
37920,0	37780,0	-140,0	-0,37	36
26620,0	26604,5	-15,5	-0,06	37
6190,0	6183,7	-6,3	-0,10	38
16500,0	16506,6	6,6	0,04	39
20780,0	20769,4	-10,6	-0,05	40
26620,0	26609,5	-10,5	-0,04	41
22380,0	22391,8	11,8	0,05	42
22880,0	22898,0	18,0	0,08	43

Tabela A. 7-Dados brutos para obtenção do gráfico da Figura 5.7.

Massa (g)	Massa média (g)	Diferença	% da diferença	Enchimento
5040,0	5052,4	12,4	0,25	44
29400,0	29357,1	-42,9	-0,15	45
20180,0	20173,6	-6,4	-0,03	46
27650,0	27655,9	5,9	0,02	47
33160,0	33165,7	5,7	0,02	48
22240,0	22257,6	17,6	0,08	49
4030,0	4030,1	0,1	0,00	50
27140,0	27106,5	-33,5	-0,12	51
7250,0	7260,0	10,0	0,14	52
8370,0	8369,4	-0,6	-0,01	53
3990,0	3992,7	2,7	0,07	54
29000,0	28940,0	-60,0	-0,21	55
37640,0	37666,1	26,1	0,07	56
21590,0	21568,5	-21,5	-0,10	57
26220,0	26212,9	-7,1	-0,03	58
21360,0	21372,8	12,8	0,06	59
26720,0	26712,7	-7,3	-0,03	60

Tabela A.7 cont.

Massa (g)	Massa média (g)	Diferença	% da diferença	Enchimento
24590,0	24579,6	-10,4	-0,04	61
35800,0	35771,4	-28,6	-0,08	62
18030,0	18049,0	19,0	0,11	63
39220,0	39243,3	23,3	0,06	64
24840,0	24771,7	-68,3	-0,28	65
24840,0	24771,7	-68,3	-0,28	66
36800,0	36860,0	60,0	0,16	67
20740,0	20709,1	-30,9	-0,15	68

Tabela A. 8-Dados brutos para obtenção do gráfico da Figura 5.8.

Massa (g)	Massa média (g)	Diferença	% da diferença	Enchimento
30940,000	30846,7	-93,3	0,30	14
22260,000	22244,2	-15,8	0,07	15
27080,000	27044,2	-35,8	0,13	16
24180,000	24187,9	7,9	-0,03	17
20520,000	20523,4	3,4	-0,02	18
27090,000	27072,2	-17,8	0,07	19
31420,000	31476,1	56,1	-0,18	20
3050,000	3057,0	7,0	-0,23	21
23520,000	23545,9	25,9	-0,11	22
3420,000	3423,1	3,1	-0,09	23
21360,000	21240,0	-120,0	0,56	24
25630,000	25509,4	-120,6	0,47	25
21220,000	21133,3	-86,7	0,41	26
16260,000	16360,0	100,0	-0,62	27
22290,000	22289,9	-0,1	0,00	28
17010,000	17036,0	26,0	-0,15	29
25590,000	25572,0	-18,0	0,07	30
25630,000	25576,7	-53,3	0,21	31
21290,000	21406,3	116,3	-0,55	32
21520,000	21386,7	-133,3	0,62	33
25330,000	25323,3	-6,7	0,03	34
25740,000	25681,4	-58,6	0,23	35
18580,000	18466,7	-113,3	0,61	36
19440,000	19384,7	-55,3	0,28	37
21290,000	21355,3	65,3	-0,31	38
31430,000	31395,0	-35,0	0,11	39
24680,000	24623,0	-57,0	0,23	40
38140,000	38040,0	-100,0	0,26	41
25380,000	25397,8	17,8	-0,07	42
25540,000	25420,0	-120,0	0,47	43
31430,000	31300,0	-130,0	0,41	44
21000,000	20898,8	-101,2	0,48	45
16920,000	16917,3	-2,7	0,02	46
21760,000	21750,0	-10,0	0,05	47
20700,000	20730,5	30,5	-0,15	48
23180,000	23125,0	-55,0	0,24	49
29430,000	29370,8	-59,2	0,20	50
19710,000	19675,8	-34,2	0,17	51
21410,000	21374,1	-35,9	0,17	52
21310,000	21291,7	-18,3	0,09	53

Tabela A.8 – cont.

Massa (g)	Massa média (g)	Diferença	% da diferença	Enchimento
20450,0	20441,4	-8,6	0,04	54
19760,0	19643,9	-116,1	0,59	55
24300,0	24342,8	42,8	-0,18	56
31590,0	31512,6	-77,4	0,25	57
25540,0	25420,0	-120,0	0,47	58
21400,0	21286,2	-113,8	0,53	59
29380,0	29374,7	-5,3	0,02	60
37580,0	37460,0	-120,0	0,32	61
24450,0	24551,2	101,2	-0,41	62
27540,0	27542,4	2,4	-0,01	63
28490,0	28397,6	-92,4	0,32	64
23270,0	23156,8	-113,2	0,49	65
23760,0	23620,0	-140,0	0,59	66
19440,0	19501,0	61,0	-0,31	67
18530,0	18407,5	-122,5	0,66	68
4750,0	4743,1	-6,9	0,15	69
5430,0	5420,0	-10,0	0,18	70
9320,0	9320,2	0,2	0,00	71
4920,0	4927,8	7,8	-0,16	72
5190,0	5193,5	3,5	-0,07	73
4890,0	4880,6	-9,4	0,19	74
9060,0	9068,0	8,0	-0,09	75
3930,0	3944,0	14,0	-0,36	76
3006,0	3017,0	11,0	-0,37	77
3060,0	3068,2	8,2	-0,27	78
2350,0	2332,8	-17,2	0,73	79
2350,0	2351,3	1,3	-0,06	80
2020,0	1980,0	-40,0	1,98	81
2350,0	2360,0	10,0	-0,43	82
4930,0	4916,7	-13,3	0,27	83
27530,0	27480,0	-50,0	0,18	84
24530,0	24504,8	-25,2	0,10	85
20100,0	20093,3	-6,7	0,03	86
19010,0	18963,0	-47,0	0,25	87
19400,0	19320,0	-80,0	0,41	88
25800,0	25712,4	-87,6	0,34	89
26560,0	26505,0	-55,0	0,21	90
18890,0	18768,2	-121,8	0,64	91
22460,0	22442,2	-17,8	0,08	92
16680,0	16680,0	0,0	0,00	93

Tabela A.8– cont.

Massa (g)	Massa média (g)	Diferença	% da diferença	Enchimento
29600,0	29593,3	-6,7	0,02	94
26860,0	26980,0	120,0	-0,45	95
31720,0	31724,4	4,4	-0,01	96
27000,0	27060,0	60,0	-0,22	97
20750,0	20681,7	-68,3	0,33	98
5030,0	4966,2	-63,8	1,27	99
4800,0	4733,3	-66,7	1,39	100
9520,0	9488,9	-31,1	0,33	101
4740,0	4856,2	116,2	-2,45	102
5350,0	5300,0	-50,0	0,93	103
21400,0	21500,0	100,0	-0,47	104
27450,0	27400,6	-49,4	0,18	105
25320,0	25248,3	-71,7	0,28	106
3640,0	3531,7	-108,3	2,98	107
4150,0	4005,7	-144,3	3,48	108
8970,0	8848,8	-121,2	1,35	109
4610,0	4531,9	-78,1	1,69	110
7540,0	7620,0	80,0	-1,06	111
5210,0	5160,0	-50,0	0,96	112
6470,0	6347,5	-122,5	1,89	113
4720,0	4657,1	-62,9	1,33	114
25570,0	25548,2	-21,8	0,09	115
17010,0	16915,6	-94,4	0,55	116
17120,0	17061,0	-59,0	0,34	117
17040,0	17058,8	18,8	-0,11	118
26620,0	26587,5	-32,5	0,12	119
26620,0	26096,7	-523,3	1,97	120
24610,0	24564,1	-45,9	0,19	121
24830,0	24716,0	-114,0	0,46	122
23350,0	23291,2	-58,8	0,25	123
28500,0	28435,2	-64,8	0,23	124
2335,0	2305,1	-29,9	1,28	125
3760,0	3679,6	-80,4	2,14	126
6450,0	6360,0	-90,0	1,40	127
31680,0	31727,4	47,4	-0,15	128
24800,0	24696,0	-104,0	0,42	129
22200,0	22117,1	-82,9	0,37	130
24840,0	24740,0	-100,0	0,40	131
28440,0	28381,4	-58,6	0,21	132
22100,0	21971,3	-128,7	0,58	133

Tabela A.8 – cont.

Massa (g)	Massa média (g)	Diferença	% da diferença	Enchimento
26930,0	26887,0	-43,0	0,16	134

Tabela A. 9- Dados brutos para obtenção do gráfico da Figura 5.9.

Massa (g)	Massa média (g)	Diferença	% da diferença	Enchimento
16760,0	16760,0	0,0	0,00	69
19800,0	19747,7	-52,3	-0,26	70
35600,0	35506,7	-93,3	-0,26	71
25549,0	25513,3	-35,7	-0,14	72
19900,0	19960,0	60,0	0,30	73
38280,0	38220,0	-60,0	-0,16	74
37600,0	37526,7	-73,3	-0,20	75
35420,0	35365,0	-55,0	-0,16	76
35680,0	35540,0	-140,0	-0,39	77
34820,0	34720,0	-100,0	-0,29	78
24580,0	24528,9	-51,1	-0,21	79
38660,0	38588,3	-71,7	-0,19	80
24940,0	24936,0	-4,0	-0,02	81
23980,0	23957,0	-23,0	-0,10	82
35040,0	34960,0	-80,0	-0,23	83
27410,0	27350,0	-60,0	-0,22	84
35360,0	35240,0	-120,0	-0,34	85
25040,0	25053,3	13,3	0,05	86
25100,0	25125,0	25,0	0,10	87
26080,0	26069,2	-10,8	-0,04	88
39460,0	39455,0	-5,0	-0,01	89
37540,0	37580,0	40,0	0,11	90
21240,0	21252,0	12,0	0,06	91
19800,0	19724,8	-75,2	-0,38	92
24900,0	24912,2	12,2	0,05	93
22080,0	22095,0	15,0	0,07	94
19950,0	19920,0	-30,0	-0,15	95
19640,0	19720,0	80,0	0,41	96
27550,0	27420,0	-130,0	-0,47	97
38340,0	38360,0	20,0	0,05	98
35040,0	34995,0	-45,0	-0,13	99
3620,0	3650,3	30,3	0,83	100
19000,0	18974,3	-25,7	-0,14	101
37020,0	36993,0	-27,0	-0,07	102
26620,0	26509,0	-111,0	-0,42	103

Tabela A.9 – cont.

Massa (g)	Massa média (g)	Diferença	% da diferença	Enchimento
21240,0	21330,0	90,0	0,42	104
31570,0	31640,0	70,0	0,22	105
24750,0	24765,5	15,5	0,06	106
20000,0	19957,0	-43,0	-0,22	107
31610,0	31630,0	20,0	0,06	108
36460,0	36455,1	-4,9	-0,01	109
24840,0	24879,7	39,7	0,16	110
27550,0	27053,1	-496,9	-1,84	111
22230,0	22181,1	-48,9	-0,22	112
20760,0	20708,4	-51,6	-0,25	113
27040,0	27053,1	13,1	0,05	114
26960,0	26975,3	15,3	0,06	115
21960,0	21950,4	-9,6	-0,04	116
21530,0	21540,7	10,7	0,05	117
27500,0	27507,9	7,9	0,03	118
16890,0	16866,1	-23,9	-0,14	119
26720,0	26735,0	15,0	0,06	120
24750,0	24758,9	8,9	0,04	121
39600,0	39619,6	19,6	0,05	122
21150,0	21158,9	8,9	0,04	123
38240,0	38173,5	-66,5	-0,17	124
25420,0	25439,0	19,0	0,08	125
31330,0	31312,0	-18,0	-0,06	126
21470,0	21456,0	-14,0	-0,07	127
37100,0	37043,0	-57,0	-0,15	128
27040,0	27053,1	13,1	0,05	129

Tabela A. 10- registo de pesos das duas balanças da linha do produto 2.

Produto: 2	Linha: 7	Peso alvo: 25,80 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
1	25,83	25,82	0,01
2	25,78	25,80	0,02
3	25,78	25,80	0,02
4	25,76	25,78	0,02
5	25,75	25,74	0,01
6	25,73	25,70	0,03
7	25,75	25,76	0,01
8	25,75	25,76	0,01
9	25,75	25,76	0,01
10	25,76	25,76	0,00
11	25,76	25,76	0,00
12	25,80	25,80	0,00
13	25,82	25,82	0,00
14	25,82	25,82	0,00
15	25,82	25,82	0,00
16	25,82	25,80	0,02
17	25,79	25,80	0,01
18	25,78	25,78	0,00
19	25,79	25,80	0,01
20	25,79	25,80	0,01
21	25,79	25,80	0,01
22	25,81	25,80	0,01
23	25,82	25,82	0,00
24	25,82	25,82	0,00
25	25,83	25,84	0,01
26	25,84	25,84	0,00
27	25,85	25,86	0,01
28	25,81	25,80	0,01
29	25,81	25,80	0,01
30	25,81	25,80	0,01
31	25,83	25,82	0,01
32	25,79	25,80	0,01
33	25,79	25,80	0,01
34	25,78	25,80	0,02
35	25,77	25,78	0,01
36	25,77	25,78	0,01
37	25,77	25,78	0,01

Tabela A.10 – cont.

Produto: 2	Linha: 7	Peso alvo: 25,80 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
38	25,77	25,78	0,01
39	25,78	25,78	0,00
40	25,76	25,76	0,00
41	25,78	25,78	0,00
42	25,77	25,76	0,01
43	25,83	25,82	0,01
44	25,82	25,82	0,00
45	25,81	25,80	0,01
46	25,80	25,80	0,00
47	25,80	25,80	0,00
48	25,82	25,82	0,00
49	25,82	25,82	0,00
50	25,82	25,82	0,00

Tabela A. 11-registo de pesos das duas balanças da linha do produto 3.

Produto: 3	Linha: 8	Peso alvo: 16,89 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
1	16,84	16,84	0,00
2	16,85	16,84	0,01
3	16,85	16,84	0,01
4	16,83	16,82	0,01
5	16,91	16,90	0,01
6	16,84	16,84	0,00
7	16,84	16,84	0,00
8	16,85	16,86	0,01
9	16,85	16,86	0,01
10	16,85	16,86	0,01
11	16,85	16,86	0,01
12	16,83	16,84	0,01
13	16,91	16,90	0,01
14	16,86	16,86	0,00
15	16,86	16,86	0,00
16	16,86	16,86	0,00

Tabela A.11 – cont.

Produto: 3	Linha: 8	Peso alvo: 16,89 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
17	16,87	16,86	0,01
18	16,85	16,86	0,01
19	16,87	16,88	0,01
20	16,88	16,88	0,00
21	16,89	16,88	0,01
22	16,91	16,90	0,01
23	16,85	16,86	0,01
24	16,84	16,84	0,00
25	16,85	16,86	0,01
26	16,85	16,86	0,01
27	16,85	16,86	0,01
28	16,85	16,86	0,01
29	16,85	16,86	0,01
30	16,86	16,86	0,00
31	16,86	16,86	0,00
32	16,86	16,86	0,00
33	16,87	16,88	0,01
34	16,86	16,86	0,00
35	16,85	16,86	0,01
36	16,91	16,90	0,01
37	16,91	16,90	0,01
38	16,86	16,86	0,00
39	16,87	16,88	0,01
40	16,88	16,88	0,00
41	16,91	16,90	0,01
42	16,90	16,90	0,00
43	16,88	16,86	0,02
44	16,89	16,88	0,01
45	16,88	16,88	0,00
46	16,88	16,88	0,00
47	16,88	16,88	0,00
48	16,86	16,88	0,02
49	16,85	16,86	0,01
50	16,87	16,86	0,01

Tabela A. 12- registo de pesos das duas balanças da linha do produto 4.

Produto: 4	Linha: 8	Peso alvo: 24,75 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
1	24,78	24,74	0,04
2	24,78	24,78	0,00
3	24,62	24,62	0,00
4	24,65	24,66	0,01
5	24,59	24,60	0,01
6	24,70	24,70	0,00
7	24,74	24,74	0,00
8	24,72	24,72	0,00
9	24,70	24,70	0,00
10	24,69	24,70	0,01
11	24,71	24,70	0,01
12	24,76	24,76	0,00
13	24,76	24,76	0,00
14	24,73	24,74	0,01
15	24,54	25,54	1,00
16	24,63	24,64	0,01
17	25,13	25,14	0,01
18	25,08	25,08	0,00
19	24,88	24,86	0,02
20	24,81	24,82	0,01
21	24,68	24,68	0,00
22	24,69	24,68	0,01
23	24,66	24,66	0,00
24	24,67	24,66	0,01
25	24,70	24,70	0,00
26	24,80	24,80	0,00
27	24,75	24,74	0,01
28	24,74	24,74	0,00
29	24,73	24,74	0,01
30	24,76	24,76	0,00
31	24,76	24,76	0,00
32	24,75	24,74	0,01
33	24,74	24,74	0,00
34	24,75	24,76	0,01
35	24,71	24,70	0,01
36	24,74	24,74	0,00
37	24,70	24,70	0,00
38	24,68	24,66	0,02

Tabela A.12 cont.

Produto: 4	Linha: 8	Peso alvo: 24,75 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
39	24,68	24,68	0,00
40	24,72	24,72	0,00
41	24,72	24,72	0,00
42	24,71	24,72	0,01
43	24,69	24,68	0,01
44	24,66	24,68	0,02
45	24,68	24,70	0,02
46	24,78	24,78	0,00
47	24,81	24,80	0,01
48	24,91	24,90	0,01
49	25,09	25,10	0,01
50	24,92	24,92	0,00

Tabela A. 13- registo de pesos das duas balanças da linha do produto 5.

Produto: 5	Linha: 8	Peso alvo: 39,60 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
1	39,55	39,84	0,29
2	39,46	39,72	0,26
3	39,36	39,64	0,28
4	39,51	39,78	0,27
5	39,52	39,86	0,34
6	39,57	39,88	0,31
7	39,53	39,78	0,25
8	39,52	39,80	0,28
9	39,54	39,82	0,28
10	39,55	39,82	0,27
11	39,43	39,72	0,29
12	39,49	39,76	0,27
13	39,43	39,68	0,25
14	39,54	39,84	0,30
15	39,47	39,72	0,25
16	39,48	39,80	0,32
17	39,49	39,78	0,29
18	39,47	39,76	0,29
19	39,51	39,84	0,33
20	39,51	39,76	0,25

Tabela A.13 Cont.

Produto: 5	Linha: 8	Peso alvo: 39,60 kg		
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)	
21	39,50	39,82	0,32	
22	39,51	39,80	0,29	
23	39,51	39,80	0,29	
24	39,45	39,74	0,29	
25	39,46	39,76	0,30	
26	39,45	39,76	0,31	
27	39,44	39,74	0,30	
28	39,45	39,84	0,39	
29	39,51	39,80	0,29	
30	39,45	39,70	0,25	
31	39,47	39,76	0,29	
32	39,53	39,84	0,31	
33	39,44	39,88	0,44	
34	39,44	39,76	0,32	
35	39,49	39,82	0,33	
36	39,51	39,80	0,29	
37	39,44	39,42	0,02	
38	39,54	39,52	0,02	
39	39,59	39,54	0,05	
40	39,60	39,54	0,06	
41	39,60	39,68	0,08	
42	39,56	39,56	0,00	
43	39,57	39,54	0,03	
44	39,52	39,62	0,10	
45	39,58	39,56	0,02	
46	39,63	39,64	0,01	
47	39,57	39,52	0,05	
48	39,54	39,56	0,02	
49	39,70	39,58	0,12	
50	39,58	39,52	0,06	

Tabela A. 14- registo de pesos das duas balanças da linha do produto 6.

Produto: 6	Linha: 7	Peso alvo: 24,80 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
1	24,74	24,52	0,22
2	24,82	24,58	0,24
3	24,71	24,76	0,05
4	24,81	24,58	0,23
5	24,72	24,48	0,24
6	24,66	24,54	0,12
7	24,60	24,50	0,10
8	24,39	24,54	0,15
9	24,76	24,52	0,24
10	24,86	24,62	0,24
11	24,57	24,60	0,03
12	24,38	24,50	0,12
13	24,57	24,58	0,01
14	24,22	24,50	0,28
15	24,58	24,56	0,02
16	24,39	24,52	0,13
17	24,51	24,64	0,13
18	24,33	24,48	0,15
19	24,45	24,56	0,11
20	24,33	24,50	0,17
21	24,40	24,56	0,16
22	24,41	24,50	0,09
23	24,64	24,66	0,02
24	24,55	24,50	0,05
25	24,69	24,64	0,05
26	24,52	24,46	0,06
27	24,33	24,60	0,27
28	24,33	24,48	0,15
29	24,30	24,62	0,32
30	24,68	24,44	0,24
31	24,47	24,58	0,11
32	24,50	24,42	0,08
33	24,71	24,58	0,13
34	24,38	24,42	0,04
35	24,58	24,62	0,04
36	24,40	24,42	0,02
37	24,53	24,56	0,03
38	24,31	24,42	0,11

Tabela A.14 cont.			
Produto: 6	Linha: 7	Peso alvo: 24,80 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
39	24,34	24,58	0,24
40	24,71	24,50	0,21
41	24,47	24,58	0,11
42	24,61	24,50	0,11
43	24,57	24,62	0,05
44	24,28	24,48	0,20
45	24,43	24,58	0,15
46	24,64	24,48	0,16
47	24,77	24,58	0,19
48	24,43	24,44	0,01
49	24,51	24,58	0,07
50	24,43	24,44	0,01

Tabela A. 15- registo de pesos das duas balanças da linha do produto 7.

Produto: 7	Linha: 8	Peso alvo: 38,24 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
1	38,36	38,54	0,18
2	38,27	38,38	0,11
3	38,14	38,10	0,04
4	38,14	38,12	0,02
5	38,19	38,18	0,01
6	38,16	38,16	0,00
7	38,15	38,12	0,03
8	38,16	38,14	0,02
9	38,11	38,08	0,03
10	38,18	38,16	0,02
11	38,12	38,06	0,06
12	38,12	38,10	0,02
13	38,14	38,10	0,04
14	38,19	38,16	0,03
15	38,18	38,18	0,00
16	38,15	38,14	0,01
17	38,19	38,18	0,01
18	38,16	38,18	0,02
19	38,15	38,22	0,07
20	38,18	38,16	0,02
21	38,18	38,32	0,14

Tabela A. 15 cont.

Produto: 7	Linha: 8	Peso alvo: 38,24 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
22	38,16	38,16	0,00
23	38,18	38,16	0,02
24	38,19	38,18	0,01
25	38,15	38,26	0,11
26	38,16	38,14	0,02
27	38,16	38,16	0,00
28	38,17	38,16	0,01
29	38,15	38,14	0,01
30	38,15	38,16	0,01
31	38,17	38,14	0,03
32	38,14	38,10	0,04
33	38,16	38,12	0,04
34	38,13	38,10	0,03
35	38,12	38,10	0,02
36	38,11	38,12	0,01
37	38,14	38,22	0,08
38	38,12	38,08	0,04
39	38,15	38,12	0,03
40	38,13	38,10	0,03
41	38,15	38,14	0,01
42	38,11	38,12	0,01
43	38,14	38,26	0,12
44	38,13	38,12	0,01
45	38,14	38,12	0,02
46	38,14	38,20	0,06
47	38,13	38,14	0,01
48	38,14	38,10	0,04
49	38,14	38,12	0,02
50	38,11	38,12	0,01

Tabela A. 16- registo de pesos das duas balanças da linha do produto 8.

Produto: 8	Linha: 7	Peso alvo: 22,20 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
1	22,18	22,16	0,02
2	22,21	22,18	0,03
3	22,21	22,18	0,03
4	22,21	22,20	0,01
5	22,18	22,18	0,00
6	22,19	22,20	0,01
7	22,33	22,30	0,03
8	22,11	22,10	0,01
9	22,12	22,10	0,02
10	22,30	22,30	0,00
11	22,21	22,20	0,01
12	22,21	22,20	0,01
13	22,18	22,20	0,02
14	22,19	22,20	0,01
15	22,20	22,20	0,00
16	22,20	22,20	0,00
17	22,18	22,18	0,00
18	22,18	22,18	0,00
19	22,18	22,20	0,02
20	22,16	22,18	0,02
21	22,15	22,16	0,01
22	22,16	22,16	0,00
23	22,15	22,16	0,01
24	22,16	22,16	0,00
25	22,16	22,16	0,00
26	22,26	22,26	0,00
27	22,26	22,18	0,08
28	22,20	22,18	0,02
29	22,20	22,20	0,00
30	22,21	22,20	0,01
31	22,21	22,20	0,01
32	22,20	22,20	0,00
33	22,16	22,18	0,02
34	22,18	22,20	0,02
35	22,18	22,20	0,02
36	22,18	22,18	0,00
37	22,18	22,18	0,00
38	22,15	22,20	0,05

Tabela A. 16 cont.

Produto: 8	Linha: 7	Peso alvo: 22,20 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
39	22,19	22,18	0,01
40	22,18	22,20	0,02
41	22,18	22,22	0,04
42	22,20	22,18	0,02
43	22,21	22,20	0,01
44	22,22	22,20	0,02
45	22,22	22,20	0,02
46	22,22	22,18	0,04
47	22,21	22,18	0,03
48	22,20	22,18	0,02
49	22,18	22,24	0,06
50	22,18	22,24	0,06

Tabela A. 17-registo de pesos das duas balanças da linha do produto 9.

Produto: 9	Linha: 7	Peso alvo: 24,62 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
1	24,54	24,50	0,04
2	24,61	24,60	0,01
3	24,59	24,60	0,01
4	24,58	24,58	0,00
5	24,41	24,40	0,01
6	24,50	24,50	0,00
7	24,52	24,50	0,02
8	24,54	24,54	0,00
9	24,54	24,54	0,00
10	24,54	24,52	0,02
11	24,54	24,52	0,02
12	24,52	24,50	0,02
13	24,54	24,52	0,02
14	24,53	24,50	0,03
15	24,52	24,54	0,02
16	24,52	24,54	0,02
17	24,52	24,50	0,02
18	24,52	24,50	0,02
19	24,50	24,50	0,00
20	24,52	24,48	0,04

Tabela A. 17 cont.

Produto: 9	Linha: 7	Peso alvo: 24,62 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
21	24,52	24,50	0,02
22	24,52	24,52	0,00
23	24,52	24,52	0,00
24	24,54	24,52	0,02
25	24,50	24,50	0,00
26	24,52	24,52	0,00
27	24,54	24,54	0,00
28	24,53	24,52	0,01
29	24,59	24,58	0,01
30	24,58	24,58	0,00
31	24,59	24,58	0,01
32	24,60	24,60	0,00
33	24,61	24,60	0,01
34	24,63	24,60	0,03
35	24,48	24,50	0,02
36	24,51	24,52	0,01
37	24,52	24,52	0,00
38	24,51	24,52	0,01
39	24,48	24,50	0,02
40	24,49	24,50	0,01
41	24,51	24,50	0,01
42	24,50	24,50	0,00
43	24,47	24,50	0,03
44	24,53	24,54	0,01
45	24,54	24,54	0,00
46	24,54	24,54	0,00
47	24,52	24,50	0,02
48	24,50	24,50	0,00
49	24,43	24,44	0,01
50	24,63	24,62	0,01

Tabela A. 18-registo de pesos das duas balanças da linha do produto 10.

Produto: 10	Linha: 8	Peso alvo: 25,42 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
1	25,61	25,58	0,03
2	25,58	25,60	0,02
3	25,40	25,40	0,00
4	25,41	25,40	0,01
5	25,39	25,40	0,01
6	25,37	25,38	0,01
7	25,37	25,38	0,01
8	25,38	25,38	0,00
9	25,38	25,38	0,00
10	25,38	25,38	0,00
11	25,38	25,38	0,00
12	25,41	25,40	0,01
13	25,38	25,38	0,00
14	25,39	25,38	0,01
15	25,40	25,40	0,00
16	25,41	25,40	0,01
17	25,42	25,42	0,00
18	25,39	25,38	0,01
19	25,41	25,41	0,00
20	25,38	25,40	0,02
21	25,39	25,38	0,01
22	25,38	25,40	0,02
23	25,41	25,40	0,01
24	25,42	25,42	0,00
25	25,40	25,40	0,00
26	25,47	25,50	0,03
27	25,48	25,48	0,00
28	25,47	25,48	0,01
29	25,47	25,48	0,01
30	25,47	25,50	0,03
31	25,47	25,50	0,03
32	25,47	25,48	0,01
33	25,48	25,50	0,02
34	25,41	25,40	0,01
35	25,38	25,38	0,00
36	25,38	25,38	0,00
37	25,38	25,40	0,02

Tabela A.18 cont.

Produto: 10	Linha: 8	Peso alvo: 25,42 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
38	25,38	25,40	0,02
39	25,29	25,30	0,01
40	25,38	25,38	0,00
41	25,40	25,40	0,00
42	25,41	25,40	0,01
43	25,40	25,40	0,00
44	25,39	25,40	0,01
45	25,39	25,40	0,01
46	25,39	25,40	0,01
47	25,39	25,40	0,01
48	25,41	25,40	0,01
49	25,42	25,42	0,00
50	25,42	25,42	0,00

Tabela A. 19-Registo de pesos das duas balanças da linha do produto 11.

Produto: 11	Linha: 7	Peso alvo: 31,68 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
1	31,95	31,66	0,29
2	32,04	31,72	0,32
3	31,98	32,10	0,12
4	31,71	32,00	0,29
5	31,74	31,90	0,16
6	31,97	32,10	0,13
7	31,99	32,10	0,11
8	32,05	32,18	0,13
9	31,89	32,00	0,11
10	31,88	31,98	0,10
11	31,97	32,10	0,13
12	31,95	32,08	0,13
13	31,96	32,06	0,10
14	31,95	32,08	0,13
15	31,99	32,08	0,09
16	32,01	32,20	0,19
17	32,03	32,28	0,25
18	32,01	32,16	0,15
19	31,99	32,18	0,19
20	31,98	32,00	0,02

Tabela A.19 cont.

Produto: 11	Linha: 7	Peso alvo: 31,68 kg		
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)	
21	31,91	32,10	0,19	
22	31,93	32,10	0,17	
23	31,91	32,10	0,17	
24	31,99	32,08	0,11	
25	31,98	32,10	0,20	
26	31,68	31,78	0,04	
27	31,70	31,72	0,04	
28	31,53	31,66	0,45	
29	31,90	31,98	0,18	
30	31,59	31,72	0,11	
31	31,58	31,70	0,32	
32	31,74	31,90	0,24	
33	31,75	31,98	0,13	
34	31,76	31,88	0,02	
35	31,75	31,78	0,15	
36	31,76	31,90	0,14	
37	31,77	31,90	0,13	
38	31,75	31,90	0,13	
39	31,76	31,88	0,14	
40	31,88	31,90	0,00	
41	31,89	31,88	0,09	
42	31,90	31,98	0,08	
43	31,91	31,98	0,13	
44	31,73	31,78	0,07	
45	31,71	31,80	0,11	
46	31,74	31,82	0,08	
47	31,74	31,82	0,08	
48	31,75	31,82	0,07	
49	31,79	31,82	0,03	
50	31,89	31,82	0,07	

Tabela A. 20- Registo de pesos das duas balanças da linha do produto 12.

Produto: 12	Linha: 7	Peso alvo: 24,80 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
1	24,79	24,82	0,03
2	24,78	24,80	0,02
3	24,77	24,78	0,01
4	24,79	24,78	0,01
5	24,77	24,78	0,01
6	24,79	24,78	0,01
7	24,78	24,78	0,00
8	24,79	24,78	0,01
9	24,80	24,80	0,00
10	24,79	24,80	0,01
11	24,81	24,80	0,01
12	24,76	24,78	0,02
13	24,75	24,76	0,01
14	24,76	24,78	0,02
15	24,73	24,74	0,01
16	24,79	24,78	0,01
17	24,81	24,82	0,01
18	24,78	24,80	0,02
19	24,77	24,78	0,01
20	24,77	24,78	0,01
21	24,71	24,76	0,05
22	24,78	24,82	0,04
23	24,79	24,80	0,01
24	24,77	24,78	0,01
25	24,75	24,76	0,01
26	24,79	24,80	0,01
27	24,81	24,80	0,01
28	24,78	24,80	0,02
29	24,75	24,78	0,03
30	24,76	24,78	0,02
31	24,75	24,76	0,01
32	24,77	24,78	0,01
33	24,78	24,80	0,02
34	24,79	24,82	0,03
35	24,78	24,82	0,04
36	24,82	24,84	0,02
37	24,80	24,82	0,02
38	24,79	24,84	0,05

Tabela A.20 cont.

Produto: 12	Linha: 7	Peso alvo: 24,80 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
39	24,71	24,78	0,07
40	24,73	24,74	0,01
41	24,71	24,74	0,03
42	24,79	24,82	0,03
43	24,71	24,76	0,05
44	24,81	24,84	0,03
45	24,83	24,84	0,01
46	24,79	24,82	0,03
47	24,78	24,76	0,02
48	24,78	24,80	0,02
49	24,78	24,80	0,02
50	24,69	24,70	0,01

Tabela A. 21- Registo de pesos das duas balanças da linha do produto 13.

Produto: 13	Linha: 8	Peso alvo: 26,72 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
1	26,69	26,70	0,01
2	26,68	26,68	0,00
3	26,67	26,68	0,01
4	26,68	26,68	0,00
5	26,68	26,68	0,00
6	26,70	26,70	0,00
7	26,71	26,70	0,01
8	26,72	26,72	0,00
9	26,70	26,70	0,00
10	26,68	26,68	0,00
11	26,69	26,70	0,01
12	26,71	26,70	0,01
13	26,77	26,78	0,01
14	26,67	26,64	0,03
15	26,69	26,70	0,01
16	26,68	26,68	0,00
17	26,70	26,70	0,00
18	26,69	26,70	0,01
19	26,71	26,72	0,01
20	26,69	26,68	0,01

Tabela A.21 cont.

Produto: 13	Linha: 8	Peso alvo: 26,72 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
21	26,69	26,70	0,01
22	26,71	26,70	0,01
23	26,69	26,68	0,01
24	26,70	26,70	0,00
25	26,69	26,70	0,01
26	26,71	26,70	0,01
27	26,68	26,68	0,00
28	26,73	26,74	0,01
29	26,70	26,70	0,00
30	26,69	26,70	0,01
31	26,69	26,68	0,01
32	26,70	26,70	0,00
33	26,70	26,70	0,00
34	26,70	26,70	0,00
35	26,71	26,70	0,01
36	26,70	26,70	0,00
37	26,72	26,70	0,02
38	26,71	26,70	0,01
39	26,70	26,70	0,00
40	26,69	26,70	0,01
41	26,71	26,72	0,01
42	26,70	26,70	0,00
43	26,67	26,70	0,03
44	26,69	26,68	0,01
45	26,71	26,72	0,01
46	26,73	26,72	0,01
47	26,72	26,72	0,00
48	26,70	26,70	0,00
49	26,70	26,70	0,00
50	26,70	26,70	0,00

Tabela A. 22- Registo de pesos das duas balanças da linha do produto 14.

Produto: 14	Linha: 8	Peso alvo: 26,72 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
1	26,70	26,70	0,00
2	26,69	26,68	0,01
3	26,68	26,68	0,00
4	26,67	26,68	0,01
5	26,69	26,68	0,01
6	26,69	26,68	0,01
7	26,70	26,70	0,00
8	26,69	26,68	0,01
9	26,69	26,68	0,01
10	26,69	26,68	0,01
11	26,71	26,70	0,01
12	26,70	26,70	0,00
13	26,69	26,70	0,01
14	26,68	26,68	0,00
15	26,67	26,68	0,01
16	26,66	26,68	0,02
17	26,67	26,68	0,01
18	26,67	26,68	0,01
19	26,67	26,68	0,01
20	26,69	26,70	0,01
21	26,69	26,70	0,01
22	26,69	26,70	0,01
23	26,69	26,70	0,01
24	26,69	26,68	0,01
25	26,69	26,70	0,01
26	26,71	26,70	0,01
27	26,69	26,70	0,01
28	26,68	26,68	0,00
29	26,69	26,68	0,01
30	26,70	26,70	0,00
31	26,71	26,72	0,01
32	26,66	26,66	0,00
33	26,67	26,66	0,01
34	26,68	26,68	0,00
35	26,67	26,66	0,01
36	26,69	26,70	0,01
37	26,70	26,70	0,00
38	26,71	26,72	0,01

Tabela A.22 cont.

Produto: 14	Linha: 8	Peso alvo: 26,72 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
39	26,69	26,68	0,01
40	26,73	26,74	0,01
41	26,69	26,70	0,01
42	26,71	26,72	0,01
43	26,70	26,70	0,00
44	26,73	26,74	0,01
45	26,74	26,74	0,00
46	26,75	26,76	0,01
47	26,69	26,70	0,01
48	26,71	26,72	0,01
49	26,59	26,60	0,01
50	26,68	26,70	0,02

Tabela A. 23- Registo de pesos das duas balanças da linha do produto 15.

Produto: 15	Linha: 7	Peso alvo: 24,84 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
1	24,90	24,72	0,18
2	24,73	24,72	0,01
3	24,93	24,74	0,19
4	24,81	24,62	0,19
5	24,94	24,74	0,20
6	24,83	24,64	0,19
7	24,83	24,62	0,21
8	24,92	24,72	0,20
9	24,73	24,60	0,13
10	24,90	24,74	0,16
11	24,93	24,62	0,31
12	24,92	24,71	0,21
13	24,71	24,62	0,09
14	24,93	24,90	0,03
15	24,81	24,78	0,03
16	24,92	24,74	0,18
17	24,73	24,68	0,05
18	24,69	24,60	0,09
19	24,73	24,72	0,01
20	24,93	24,72	0,21
21	24,95	24,74	0,21

Tabela A.23 cont.

Produto: 15	Linha: 7	Peso alvo: 24,84 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
22	24,71	24,84	0,13
23	24,79	24,92	0,13
24	24,81	24,96	0,15
25	24,80	24,98	0,18
26	24,94	24,72	0,22
27	24,91	24,72	0,19
28	24,79	24,98	0,19
29	24,84	24,82	0,02
30	24,93	24,90	0,03
31	24,72	24,86	0,14
32	24,94	24,90	0,04
33	24,78	24,90	0,12
34	24,66	24,68	0,02
35	24,67	24,72	0,05
36	24,78	24,82	0,04
37	24,79	24,90	0,11
38	24,90	24,98	0,08
39	24,95	24,98	0,03
40	24,69	24,78	0,09
41	24,79	24,92	0,13
42	24,81	24,96	0,15
43	24,80	24,98	0,18
44	24,94	24,72	0,22
45	24,91	24,72	0,19
46	24,81	24,62	0,19
47	24,94	24,74	0,20
48	24,83	24,64	0,19
49	24,83	24,62	0,21
50	24,92	24,72	0,20

Tabela A. 24- Registo de pesos das duas balanças da linha do produto 16.

Produto: 16	Linha: 7	Peso alvo: 23,35 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
1	23,21	23,42	0,21
2	23,35	23,48	0,13
3	23,36	23,46	0,10
4	23,40	23,48	0,08
5	23,41	23,50	0,09
6	23,42	23,50	0,08
7	23,19	23,40	0,21
8	23,39	23,48	0,09
9	23,22	23,48	0,26
10	23,41	23,58	0,17
11	23,33	23,48	0,15
12	23,29	23,38	0,09
13	23,32	23,42	0,10
14	23,19	23,28	0,09
15	23,21	23,38	0,17
16	23,18	23,28	0,10
17	23,35	23,46	0,11
18	23,49	23,58	0,09
19	23,41	23,52	0,11
20	23,29	23,38	0,09
21	23,35	23,46	0,11
22	23,44	23,48	0,04
23	23,19	23,28	0,09
24	23,21	23,30	0,09
25	23,23	23,28	0,05
26	23,30	23,38	0,08
27	23,31	23,38	0,07
28	23,32	23,38	0,06
29	23,33	23,40	0,07
30	23,41	23,48	0,07
31	23,39	23,46	0,07
32	23,32	23,36	0,04
33	23,41	23,46	0,05
34	23,42	23,48	0,06
35	23,35	23,38	0,03
36	23,41	23,48	0,07
37	23,39	23,38	0,01
38	23,31	23,36	0,05

Tabela A.24 cont.

Produto: 16	Linha: 7	Peso alvo: 23,35 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
39	23,32	23,38	0,06
40	23,33	23,38	0,05
41	23,39	23,48	0,09
42	23,24	23,32	0,08
43	23,41	23,48	0,07
44	23,41	23,46	0,05
45	23,42	23,46	0,04
46	23,39	23,42	0,03
47	23,38	23,42	0,04
48	23,39	23,46	0,07
49	23,36	23,38	0,02
50	23,34	23,40	0,06

Tabela A. 25- Registo de pesos das duas balanças da linha do produto 17.

Produto: 17	Linha: 8	Peso alvo: 27,50 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
1	27,54	27,52	0,02
2	27,51	27,48	0,03
3	27,53	27,50	0,03
4	27,52	27,52	0,00
5	27,51	27,48	0,03
6	27,52	27,50	0,02
7	27,52	27,48	0,04
8	27,50	27,46	0,04
9	27,52	27,50	0,02
10	27,51	27,50	0,01
11	27,55	27,54	0,01
12	27,53	27,54	0,01
13	27,51	27,46	0,05
14	27,53	27,52	0,01
15	27,51	27,50	0,01
16	27,54	27,54	0,00
17	27,52	27,48	0,04
18	27,51	27,50	0,01
19	27,53	27,54	0,01
20	27,51	27,52	0,01
21	27,51	27,52	0,01

Tabela A.25 cont.

Produto: 17	Linha: 8	Peso alvo: 27,50 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
22	27,51	27,48	0,03
23	27,50	27,46	0,04
24	27,53	27,54	0,01
25	27,51	27,52	0,01
26	26,61	27,60	0,99
27	27,58	27,58	0,00
28	27,54	27,54	0,00
29	27,52	27,52	0,00
30	27,54	27,54	0,00
31	27,51	27,52	0,01
32	27,50	27,52	0,02
33	27,53	27,54	0,01
34	27,52	27,54	0,02
35	27,51	27,52	0,01
36	27,50	27,50	0,00
37	27,51	27,52	0,01
38	27,52	27,52	0,00
39	27,53	27,52	0,01
40	27,51	27,52	0,01
41	27,50	27,50	0,00
42	27,53	27,52	0,01
43	27,52	27,52	0,00
44	27,54	27,54	0,00
45	27,53	27,54	0,01
46	27,52	27,52	0,00
47	27,51	27,52	0,01
48	27,50	27,50	0,00
49	27,54	27,54	0,00
50	27,51	27,52	0,01

Tabela A. 26- Registo de pesos das duas balanças da linha do produto 18.

Produto: 18	Linha: 7	Peso alvo: 28,44 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
1	28,35	28,18	0,17
2	28,64	28,38	0,26
3	28,34	28,42	0,08
4	28,61	28,68	0,07
5	28,47	28,58	0,11
6	28,27	28,34	0,07
7	28,37	28,42	0,05
8	28,45	28,46	0,01
9	28,47	28,48	0,01
10	28,71	28,76	0,05
11	28,74	28,82	0,08
12	28,76	28,88	0,12
13	28,78	28,88	0,10
14	28,41	28,46	0,05
15	28,42	28,48	0,06
16	28,35	28,42	0,07
17	28,31	28,42	0,11
18	28,61	28,68	0,07
19	28,33	28,34	0,01
20	28,33	28,34	0,01
21	28,57	28,62	0,05
22	28,74	28,78	0,04
23	28,54	28,56	0,02
24	28,67	28,68	0,01
25	28,14	28,34	0,20
26	28,14	28,28	0,14
27	28,21	28,28	0,07
28	28,30	28,38	0,08
29	28,21	28,26	0,05
30	28,35	28,20	0,15
31	28,31	28,41	0,10
32	28,34	28,38	0,04
33	28,33	28,38	0,05
34	28,41	28,48	0,07
35	28,41	28,48	0,07
36	28,41	28,46	0,05
37	28,35	28,38	0,03
38	28,64	28,68	0,04

Tabela A.26 cont.

Produto: 18	Linha: 7	Peso alvo: 28,44 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
39	28,37	28,42	0,05
40	28,42	28,48	0,06
41	28,35	28,36	0,01
42	28,41	28,42	0,01
43	28,21	28,28	0,07
44	28,42	28,48	0,06
45	28,31	28,36	0,05
46	28,33	28,28	0,05
47	28,35	28,38	0,03
48	28,51	28,58	0,07
49	28,47	28,54	0,07
50	28,48	28,56	0,08

Tabela A. 27- Registo de pesos das duas balanças da linha do produto 19.

Produto: 19	Linha: 8	Peso alvo: 21,96 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
1	21,80	21,80	0,00
2	21,81	21,78	0,03
3	21,76	21,72	0,04
4	21,79	21,76	0,03
5	21,84	21,80	0,04
6	22,28	22,26	0,02
7	21,86	21,82	0,04
8	21,79	21,74	0,05
9	22,04	22,00	0,04
10	21,90	21,86	0,04
11	21,80	21,78	0,02
12	21,87	21,84	0,03
13	22,18	22,16	0,02
14	22,10	22,08	0,02
15	22,20	22,18	0,02
16	22,22	22,20	0,02
17	21,86	21,84	0,02
18	21,80	21,78	0,02
19	21,76	21,72	0,04
20	22,27	22,26	0,01
21	21,89	21,88	0,01

Tabela A.27 cont.

Produto: 19	Linha: 8	Peso alvo: 21,96 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
22	22,02	21,98	0,04
23	21,87	21,88	0,01
24	22,24	22,24	0,00
25	22,10	22,08	0,02
26	21,86	21,84	0,02
27	22,24	22,22	0,02
28	22,22	22,18	0,04
29	22,26	22,24	0,02
30	22,12	22,10	0,02
31	21,87	21,86	0,01
32	22,21	22,20	0,01
33	21,90	21,86	0,04
34	22,10	22,08	0,02
35	22,13	22,10	0,03
36	22,11	22,08	0,03
37	22,02	21,98	0,04
38	21,90	21,88	0,02
39	22,15	22,12	0,03
40	21,85	21,82	0,03
41	21,95	21,92	0,03
42	22,02	22,00	0,02
43	21,85	21,84	0,01
44	21,85	21,84	0,01
45	21,80	21,78	0,02
46	22,09	22,08	0,01
47	21,90	21,88	0,02
48	22,03	22,02	0,01
49	21,80	21,84	0,04
50	21,88	21,84	0,04

Tabela A. 28- Registo de pesos das duas balanças da linha do produto 20.

Produto: 20	Linha: 7	Peso alvo: 27,46 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
1	27,32	27,40	0,08
2	27,62	27,66	0,04
3	27,70	27,68	0,02
4	27,67	27,46	0,21
5	27,26	27,04	0,22
6	27,19	27,10	0,09
7	27,31	27,08	0,23
8	27,34	27,22	0,12
9	27,19	26,96	0,23
10	27,31	27,02	0,29
11	27,21	27,00	0,21
12	27,22	27,00	0,22
13	27,25	27,02	0,23
14	27,27	27,06	0,21
15	27,42	27,20	0,22
16	27,28	27,16	0,12
17	27,19	27,12	0,07
18	27,34	27,12	0,22
19	27,34	27,14	0,20
20	27,31	27,14	0,17
21	27,33	27,02	0,31
22	27,14	27,04	0,10
23	27,06	26,96	0,10
24	27,06	26,98	0,08
25	27,06	27,08	0,02
26	27,02	27,00	0,02
27	27,43	27,42	0,01
28	27,30	27,30	0,00
29	27,10	27,06	0,04
30	27,21	27,10	0,11
31	27,55	27,42	0,13
32	27,11	27,06	0,05
33	27,08	27,04	0,04
34	27,66	27,56	0,10
35	27,24	27,12	0,12
36	27,47	27,36	0,11
37	27,45	27,38	0,07
38	27,51	27,44	0,07

Tabela A.28 cont.

Produto: 20	Linha: 7	Peso alvo: 27,46 kg	
Número do produto a pesar	Massa registada pela balança da linha (kg)	Massa registada pela VARPE (kg)	Módulo da diferença de massas entre a balança da linha e a VARPE (kg)
39	27,38	27,22	0,16
40	27,41	27,34	0,07
41	27,35	27,20	0,15
42	27,44	27,32	0,12
43	27,34	27,12	0,22
44	27,45	27,34	0,11
45	27,41	27,30	0,11
46	27,31	27,10	0,21
47	27,70	27,58	0,12
48	27,65	27,58	0,07
49	27,26	27,14	0,12
50	27,60	27,52	0,08

Tabela A. 29 - Conversão das unidades utilizadas para unidades do Sistema Internacional.

Unidade utilizada	Conversão para unidade do Sistema Internacional
100 cP	40 KU
1 cP	1 mPa s
1 mil	0.0000254 m
temperatura em °C	+273,15 em K