

**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Cátia Sofia Silva Sousa

## **Produção Modular**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado em Engenharia Biológica  
Ramo Tecnologia Química e Alimentar

Trabalho realizado sob orientação do  
**Professor Doutor José António Teixeira**  
e da  
**Doutora Iracema Belinha**

## **Declaração de Reprodução**

Nome: Cátia Sofia Silva Sousa

Título da dissertação: Produção Modular

Orientadores: Professor Doutor José António Teixeira (Universidade do Minho)

Doutora Iracema Belinha (CIN, Corporação Industrial do Norte)

Ano de conclusão: 2017

Designação do Mestrado: Mestrado em Engenharia Biológica

Ramo Tecnologia Química e Alimentar

DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO  
DE QUALQUER PARTE DESTA DISSERTAÇÃO.

Universidade do Minho, 27/11/2017

Assinatura: \_\_\_\_\_

“Põe tudo quanto és no mínimo que fazes!”  
**Fernando Pessoa**



## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço ao centro de I&D do Grupo CIN, na pessoa do Eng.º João Machado, pela oportunidade de realizar o estágio numa empresa tão prestigiada como a CIN – Corporação Industrial do Norte, S.A.

À Dr.<sup>a</sup> Iracema Belinha, a minha orientadora empresarial, agradeço o excelente acolhimento, a disponibilidade que sempre demonstrou mesmo nos dias “críticos”, tudo aquilo que me ensinou, todo o encorajamento quando as coisas corriam menos bem e a confiança depositada.

À Eng.<sup>a</sup> Filomena Braga, agradeço pelo entusiasmo contagiante, interesse e empenho demonstrado no projeto.

Ao Professor Doutor José António Teixeira, meu orientador da Universidade do Minho, agradeço por todo o interesse, apoio e disponibilidade sempre que foi preciso.

Ao Sr. Augusto agradeço toda a disponibilidade demonstrada, interesse no trabalho e partilha de conhecimentos e experiências.

Agradeço também à Eng.<sup>a</sup> Fernanda Oliveira por todo o entusiasmo e interesse demonstrado no meu trabalho e toda a ajuda prestada e também por ter acreditado no meu potencial para a realização do estágio, juntamente com a Eng.<sup>a</sup> Manuela Azevedo e a Dr.<sup>a</sup> Carina Sousa, a quem também agradeço a oportunidade concedida.

Agradeço a todos os colaboradores do departamento dos Decorativos, do Centro de I&D, nomeadamente à Mariana, à Ana, à Florisa, à Sandra, ao Manuel António e em particular à Cristiana por toda a proteção e por ser uma boa ouvinte.

Ao Carlos, ao Pedro e ao Sr. Amorim agradeço por todo o apoio e ajuda sempre que foi necessário, por toda a simpatia e pelo bom humor sempre transmitido.

Agradeço também aos estagiários Marta, David e Carlos que me acompanharam nesta jornada, em particular, à Carolina e ao Eduardo que até a bancada comigo compartilharam. Foram os melhores companheiros que podia ter tido.

Carla, Teresa e Cláudia, obrigada por terem sido os meus pilares na estadia no Porto, por me terem incentivado sempre a ser mais e melhor, a nunca desistir e por se tornarem em amigas que qualquer pessoa deseja ter.

A todos os Engenheiros e analistas do Centro de I&D, agradeço pela disponibilidade e colaboração demonstrada durante todo o projeto.

Ao Diretor de Curso, João Peixoto, agradeço pela disponibilidade em todas as horas.

A vocês, minhas irmãs do coração, obrigada por nunca me abandonarem e estarem sempre presentes nos bons e maus momentos.

Às minhas pequenas agradeço por me chatearem sempre e incentivarem a ser cada vez melhor.

Um especial obrigada ao meu avô, a minha estrelinha, que mesmo não me vendo concluir esta etapa, sempre me apoiou e incentivou a “mudar o mundo” e a não ter medo de ser quem sou.

Em último lugar, mas não menos importante agradeço ao meu pai, por todo o esforço para que conseguisse terminar estes 5 anos e por todo o apoio e incentivo em qualquer situação, és sem dúvida o exemplo. Agradeço também à minha mãe, à minha irmã, ao meu irmão, à minha família, em particular à minha afilhada, Eva, a luz dos meus olhos.

A todos, obrigada de coração!

## RESUMO

As empresas enfrentam cada vez mais mercados competitivos e exigentes, o que as obriga a mudar alguns paradigmas instituídos. Os longos ciclos de produção podem constituir um obstáculo e, muitas vezes, a solução passa por reestruturar o processo produtivo para obter os produtos de forma mais rápida, simples e eficaz. Surge, assim, a produção modular. As indústrias automóvel e civil representam dois setores que já adotaram este modelo de produção. Na indústria das tintas este conceito é recente e a sua aplicação tem sido alvo de estudo.

O principal objetivo deste trabalho passa pelo estudo do sistema de produção modular aplicado ao fabrico de tintas aquosas. Avaliar-se-ão, ainda, os tempos de produção das tintas aquosas fabricadas pelo método convencional e pela produção modular. Em última instância, far-se-á uma avaliação do impacto económico desta alteração no processo produtivo.

A produção modular consiste num conjunto de módulos concebidos para produzir um dado produto num menor período de tempo, sendo que um módulo é uma unidade básica de um determinado produto que pode ser estudada de forma independente. No caso particular das tintas, os módulos são *slurries* que são misturas de sólidos (espessantes, cargas ou pigmentos) e aditivos (agentes reológicos, conservantes, molhantes, dispersantes e biocidas) previamente dispersos em água.

Depois de desenvolvidos e otimizados os *slurries* procedeu-se à incorporação dos mesmos nas tintas e, posteriormente, fez-se a caracterização das tintas com *slurries* incorporados comparando com as tintas padrão, isto é, comparando com as tintas fabricadas pelo método convencional.

De um modo geral, os resultados da caracterização exaustiva das tintas com *slurries* incorporados foram muito semelhantes aos obtidos com as tintas produzidas pelo método convencional.

Conclui-se que a incorporação dos *slurries* nas tintas não afeta significativamente as propriedades das mesmas. Verificou-se ainda uma diminuição significativa do tempo de fabrico das tintas assim como uma redução, que pode chegar a 80 %, nos custos de produção.

**Palavras-chave:** produção modular, *slurry*, tintas aquosas.



## **ABSTRACT**

Companies increasingly face competitive and demanding markets, which force them to change some instituted paradigms. The long production cycles can be an obstacle and, sometimes, the solution is to restructure the production process to obtain the products more quickly, simply and efficiently. This is how modular production arises. The automotive and construction industries represent two examples of two activity sectors that adopt this model. In the paint industry, this concept is new and its application has been studied.

The main objective of this work is study the system of modular production applied to the manufacturing of waterborne paints. Moreover, it will be evaluated the time of production of waterborne paints manufactured by the conventional method and by modular production. Finally, it will be done an evaluation of the economic impact of this change in the production process.

The modular production consists in a set of modules designed to produce a given product in a shorter period. A module is a basic unit of a given product that it can be studied independently. In the case of the paints, the modules are slurries that are mixtures of solids (thickeners, fillers or pigments) and additives (rheological agents, preservatives, dispersants and biocides) previously dispersed in water.

After the slurries had been developed and optimized they were incorporated in the paints. Posteriorly the characterization of the paints with slurries was made and then compared with the standard paints, in other words, manufactured by the conventional process.

It is concluded that the incorporation of the slurries in the paints does not affect significantly the properties of the paints. There has also been a significant reduction in the manufacturing time of the paints as well as a reduction, which can reach 80 %, in production costs.

**Keywords:** modular production, slurry, waterborne paints.





# ÍNDICE

Agradecimentos.....	v
Resumo .....	vii
Abstract.....	ix
Índice .....	xii
Índice de Figuras .....	xvi
Índice de Tabelas.....	xvii
Lista de Símbolos e Abreviaturas.....	xix
Capítulo I - Motivação e Enquadramento do Projeto.....	1
1.1. Objetivos do projeto .....	1
1.2. Apresentação da empresa.....	1
Capítulo II - Revisão da Literatura.....	3
2.1. Componentes da tinta.....	3
2.1.1. Pigmentos .....	3
2.1.1.1. Tipos de Pigmentos .....	3
2.1.1.2. Propriedades dos pigmentos .....	4
2.1.1.3. Dióxido de titânio.....	5
2.1.2. Cargas.....	6
2.1.2.1. Tipos de Cargas.....	6
2.1.3. Veículo Fixo – Resinas.....	8
2.1.3.1. Tipos de Resinas .....	8
2.1.4. Solventes e diluentes .....	10
2.1.5. Aditivos .....	10
2.2. Processo de Produção .....	11
2.2.1. Pesagem.....	11
2.2.2. Mistura/dispersão .....	12
2.2.3. Filtração.....	13
2.2.4. Controlo de qualidade e acertos finais .....	13
2.2.5. Enchimento/Rotulagem .....	13

2.3. Produção Modular .....	13
Capítulo III – Descrição Técnica.....	16
3.1. Caracterização das tintas .....	16
3.1.1. Massa volúmica.....	16
3.1.2. pH.....	16
3.1.3. Viscosidade Stormer.....	16
3.1.4. Viscosidade de cone e prato.....	17
3.1.5. Opacidade seca/razão de contraste.....	18
3.1.6. Brilho.....	18
3.1.7. Brancura (Wi) e Amarelecimento (Yi).....	19
3.1.8. Opacidade húmida.....	19
3.1.9. Estabilidade acelerada .....	20
3.1.10. Aspeto físico .....	20
3.1.11. Aspeto da película .....	20
3.1.12. Cor.....	20
3.1.13. Rendimento 98 %.....	20
3.1.14. Resistência à marcação dos dedos.....	21
3.1.15. Resistência à fissuração de uma tinta para espessuras elevadas .....	21
3.1.16. Fissuração Mudcraking .....	21
3.1.17. Aplicação e avaliação de uma tinta quando aplicada a rolo e à trincha .....	21
3.1.18. Resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos .....	22
3.1.19. Resistência ao polimento da película de tinta quando aplicada a rolo (Polimento Prático)	22
3.1.20. Manchamento da película de tinta quando aplicada a rolo (Manchamento Prático)	22
3.1.21. Resistência de uma película de tinta às cinzas.....	22
3.1.22. Resistência à lixiviação de surfactantes (Surfactant leaching) .....	23
3.1.23. Avaliação de uma tinta quando manchada com água (Snail trails/Exsudações) ..	23
3.1.24. Resistência de uma película de tinta ao amoníaco e à água líquida.....	23
3.1.25. Reologia.....	24
3.1.26. Resistência ao polimento em seco e em húmido da película de tinta .....	24
3.1.27. Compatibilidade e flutuação de cor de bases.....	24

3.1.28.	Temperatura mínima de formação de película .....	25
3.1.29.	Tensão de película.....	25
3.1.30.	Poder de cobertura (Rewet) .....	25
3.1.31.	Avaliação da resistência à pegajosidade de uma película de tinta (Blocking) .....	25
3.1.32.	Resistência UV-A.....	26
3.1.33.	Resistência ao exterior.....	26
3.1.34.	Resistência à esfrega húmida e lavabilidade de revestimentos por pintura.....	26
3.2.	Caracterização dos slurries.....	26
3.2.1.	Grau de dispersão.....	27
3.2.2.	Aspeto em vidro .....	27
3.2.3.	pH.....	27
3.2.4.	Viscosidade Brookfield .....	27
3.2.5.	Estabilidade em armazém e acelerada.....	27
3.2.6.	Força corante de pastas de pigmento.....	28
Capítulo IV – Resultados e Discussão.....		29
4.1.	Desenvolvimento e caracterização dos slurries.....	29
4.2.	Desenvolvimento e caracterização das tintas com slurries incorporados .....	34
4.2.1.	Caracterização da Tinta Económica 1 .....	35
4.2.2.	Caracterização da Tinta Económica 2 .....	37
4.2.3.	Caracterização da Tinta Interior/Exterior 1 .....	41
4.2.3.1.	Branco.....	41
4.2.3.2.	Base tintométrica.....	47
4.2.4.	Caracterização da Tinta Interior/Exterior 2 .....	52
4.2.4.1.	Branco.....	53
4.2.4.2.	Base tintométrica.....	58
4.3.	Tempo de fabrico das tintas desenvolvidas.....	63
4.4.	Análise Económica .....	65
Capitulo V – Conclusões .....		70
Bibliografia .....		72
Anexos .....		74

Anexo I – Resultados da otimização das tintas com slurries incorporados ..... 74

1. Desenvolvimento da Tinta Económica 1 .....74
2. Desenvolvimento da Tinta Económica 2.....74
3. Desenvolvimento da Tinta Interior/Exterior 1 em branco.....76
4. Desenvolvimento da Tinta Interior/Exterior 1 em base tintométrica.....77
5. Desenvolvimento da Tinta Interior/Exterior 2, em branco.....78
6. Desenvolvimento da Tinta Interior/Exterior 2, em base tintométrica.....79

Anexo II – Exemplos de cálculo do ensaio de manchamento e polimento prático..... 81

Anexo III – Exemplo de resultados do ensaio da resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos

..... 82

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Viscosímetro de Stormer (Bluemic, 2015). .....	17
Figura 2 - Viscosímetro de cone e prato (Sheen Instruments, 2017). .....	17
Figura 3 - Carta de aplicação. ....	18
Figura 4 - Medidor de brilho (BYK, 2017).....	19
Figura 5 - Estudo da viscosimetria nas películas de tinta PE2 (preto), E2A (cor de rosa) e E2B (cor de laranja) (reproduzido de um programa da empresa).....	39
Figura 6 - Estudo da viscosimetria nas películas de tinta PIE1-1 (cor-de-rosa), IE1A-1 (preto) e IE1B-1 (verde) (reproduzido de um programa da empresa).....	46
Figura 7 - Estudo da viscosimetria nas películas de tinta PIE1-8 (cor de laranja), IE1A-8 (preto) e IE1B-8 (verde) (reproduzido de um programa da empresa).....	51
Figura 8 - Estudo da viscosimetria nas películas de tinta PIE2-1 (vermelho), IE2A-1 (verde) e IE2B-1 (preto) (reproduzido de um programa da empresa). ....	57
Figura 9 - Estudo da viscosimetria nas películas de tinta PIE2-8 (vermelho), IE2A-8 (verde) e IE2B-8 (preto) (reproduzido de um programa da empresa). ....	62
Figura 10 - Fotografia dos provetes após ensaio de resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos da tinta IE2A-8.....	82

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de aditivos e respetiva função (Alua, 2012; Evonik Industries, 2014) .....	11
Tabela 2 - Características dos slurries otimizados, onde GDD - Grau de dispersão, AV - Aspeto em vidro, $V_B$ - Viscosidade Brookfield, t - tempo de dispersão, RPM - rotações por minuto .....	30
Tabela 3 - Estabilidade do slurry EC1 ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C .....	30
Tabela 4 - Estabilidade do slurry EC2 ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C .....	31
Tabela 5 - Estabilidade do slurry C1 ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C .....	31
Tabela 6 - Estabilidade do slurry P1 ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C .....	32
Tabela 7 - Estabilidade do slurry P1a ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C .....	32
Tabela 8 - Estabilidade do slurry P2 ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C .....	33
Tabela 9 - Estabilidade do slurry P2a ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C .....	33
Tabela 10 - Slurries incorporados nas tintas .....	34
Tabela 11 - Caracterização da tinta E1A, E1B e respetivo padrão .....	35
Tabela 12 - Avaliação da aplicação, em placas de gesso cartonado das tintas E1A, E1B e respetivo padrão .....	36
Tabela 13 - Resultados obtidos após o ensaio de estabilidade acelerada das tintas $P_{E1}$ , E1A e E1B .....	36
Tabela 14 - Caracterização da tinta E2A, E2B e respetivo padrão .....	37
Tabela 15 - Caracterização exaustiva das tintas E2A e E2B e respetivo padrão .....	38
Tabela 16 - Avaliação da aplicação, em placas de gesso cartonado das tintas E2A, E2B e respetivo padrão .....	40
Tabela 17 - Resultados obtidos após o ensaio de estabilidade das tintas $P_{E2}$ , E2A e E2B .....	41
Tabela 18 - Caracterização da tinta IE1A-1, IE1B-1 e respetivo padrão .....	42
Tabela 19 - Caracterização exaustiva das tintas IE1A-1 e IE1B-1 e respetivo padrão .....	43
Tabela 20 - Avaliação da aplicação, em placas de gesso cartonado das tintas IE1A-1, IE1B-1 e respetivo padrão .....	46
Tabela 21 - Resultados obtidos após o ensaio de estabilidade das tintas $P_{IE1-1}$ , IE1A-1 e IE1B-1 .....	47
Tabela 22 - Caracterização da tinta IE1A-8, IE1B-8 e respetivo padrão .....	48
Tabela 23 - Caracterização exaustiva das tintas IE1A-8 e IE1B-8 e respetivo padrão .....	49
Tabela 24 - Avaliação da aplicação, em placas de gesso cartonado das tintas IE1A-8, IE1B-8 e respetivo padrão .....	51
Tabela 25 - Resultados obtidos após o ensaio de estabilidade das tintas $P_{IE1-8}$ , IE1A-8 e IE1B-8 .....	52
Tabela 26 - Caracterização da tinta IE2A-1, IE2B-1 e respetivo padrão .....	53

Tabela 27 - Caracterização exaustiva das tintas IE2A-1 e IE2B-1 e respetivo padrão .....	55
Tabela 28 - Avaliação da aplicação, em placas de gesso cartonado das tintas IE2A-1, IE2B-1 e respetivo padrão.....	57
Tabela 29 - Resultados obtidos após o ensaio de estabilidade das tintas P <sub>IE2-1</sub> , IE2A-1 e IE2B-1 ....	58
Tabela 30 - Caracterização da tinta IE2A-8, IE2B-8 e respetivo padrão .....	59
Tabela 31 - Caracterização exaustiva das tintas IE2A-8 e IE2B-8 e respetivo padrão .....	60
Tabela 32 - Avaliação da aplicação, em placas de gesso cartonado das tintas IE2A-8, IE2B-8 e respetivo padrão.....	62
Tabela 33 - Resultados obtidos após o ensaio de estabilidade das tintas P <sub>IE2-8</sub> , IE2A-8 e IE2B-8....	63
Tabela 34 - Quantidade, número de dispersões, tempo de fabrico e percentagem de redução do tempo de fabrico das tintas reproduzidas, tradicionalmente a através da produção modular, onde Q – quantidade e t – tempo total de fabrico.....	64
Tabela 35 - Valores percentuais obtidos para a avaliação económica realizada à Tinta Económica 1 .....	65
Tabela 36 - Valores percentuais obtidos para a avaliação económica realizada à Tinta Económica 2 .....	66
Tabela 37 - Valores percentuais obtidos para a avaliação económica realizada à Tinta Interior/Exterior 1, em branco .....	66
Tabela 38 - Valores percentuais obtidos para a avaliação económica realizada à Tinta Interior/Exterior 1, em base tintométrica .....	67
Tabela 39 - Valores percentuais obtidos para a avaliação económica realizada à Tinta Interior/Exterior 2, em branco .....	68
Tabela 40 - Valores percentuais obtidos para a avaliação económica realizada à Tinta Interior/Exterior 2, na base tintométrica .....	68

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

### Variáveis e Constantes

<i>AV</i>	Aspeto em vidro	
<i>CVP</i>	Concentração Volumétrica de Pigmentos	%
<i>GDD</i>	Grão de dispersão	<i>Hegman</i>
<i>Q</i>	Quantidade	T
<i>RPM</i>	Rotações por Minuto	
<i>t</i>	Tempo	dias
<i>T</i>	Temperatura	°C
<i>Tamb.</i>	Temperatura ambiente	°C
<i>TMFP</i>	Temperatura Mínima de Formação de Película	°C
<i>U.B.</i>	Unidades de Brilho	
<i>V<sub>B</sub></i>	Viscosidade <i>Brookfield</i>	<i>Poise</i>
<i>Wi</i>	Whiteness Index/índice de Brancura	%
<i>Yi</i>	Yellowness Index/Índice de Amarelecimento	%
$\Delta E$	Diferença de cor	

### Siglas

CEPE	European Confederation of Paint, Printing Ink and Artists' Colours Manufacturers Associations/Conselho Europeu de Fabricantes de Tintas
CIN	Corporação Industrial do Norte, S.A.
EN	European Norm/Norma Europeia
I&D	Investigação e Desenvolvimento
ISSO	International Standards Organization/Organização Internacional para Padronização
MOFA	Modular Paint Factory/Rede de Tecnologia Modular
NP	Norma Portuguesa
UK	Unidades de Krebs
UV-A	Ultravioleta A

## Expressões do latim

<i>et al.</i>	<i>et alii</i>	e outros
<i>i.e.</i>	<i>id est</i>	isto é

## **Capítulo I - Motivação e Enquadramento do Projeto**

Atualmente, os fabricantes dos diversos bens de consumo em todo o mundo enfrentam novas demandas, que incluem ciclos de produção mais curtos bem como o aumento da competitividade. Em resposta a estes desafios, as empresas estão a reestruturar-se, desviando-se dos processos de produção tradicionais (Bottaci & Rogers, 1997).

De modo particular, o foco no fabrico tornou-se um meio para reduzir os custos de produção assim como uma forma de simplificar os processos de produção. Contudo, o processo de fabrico ótimo é de difícil alcance devido à organização do trabalho atual e às estruturas de negócio (Bottaci & Rogers, 1997).

Tem sido desenvolvido um novo método de produção denominado de produção modular, que pode ser aplicado a diferentes áreas. Este método consiste no fabrico do produto a partir de módulos pré-fabricados, possibilitando uma produção mais eficiente com impacto na redução do tempo e custos de fabrico (Silva A. , 2016).

A produção de formulações de tintas aquosas através da produção modular poderá constituir uma mais valia, uma vez que permite obter o produto final num menor período de tempo, atendendo assim às crescentes exigências do mercado (Silva A. , 2016).

### **1.1. Objetivos do projeto**

O principal objetivo do projeto consistirá no estudo do sistema de produção modular aplicado ao fabrico de tintas aquosas. Para além disso, pretende-se avaliar os tempos de produção das tintas aquosas obtidas pelo método tradicional e pela produção modular. O último objetivo prende-se com a avaliação do impacto económico desta alteração no processo produtivo.

### **1.2. Apresentação da empresa**

O projeto será desenvolvido na CIN – Corporação Industrial do Norte, *S.A.*, situada na Avenida de Dom Mendo, n.º 831, 4474-009 Maia.

A CIN foi fundada em 1917 e em 1926 passou a designar-se Corporação Industrial do Norte, tendo como atividade principal a produção e comercialização de tintas, vernizes e produtos afins (CIN, 2017).

É a única empresa portuguesa do setor que pertence ao CEPE – Conselho Europeu de Fabricantes de Tintas, integrando igualmente, desde 1990, o *Coatings Reserarch Group Inc.* A CIN é ainda membro fundador da Nova *Paint Club* (CIN, 2017).

É uma empresa que dedica a sua atividade a distintos segmentos de mercado tais como decorativos, indústria, anti corrosão e acessórios (CIN, 2017).

Um dos objetivos da CIN consiste em fornecer as melhores soluções com a melhor equipa de trabalho. Adicionalmente, pretende satisfazer os clientes e crescer continuamente na quota de mercado e rentabilidade (CIN, 2017).

O Grupo CIN é constituído por oito empresas que estão distribuídas por vários países, nomeadamente Portugal, Espanha, França, Angola e Moçambique. Desde 1992 lidera o mercado nacional e desde 1995, o mercado ibérico. A CIN ocupa o 53º lugar no ranking mundial de produtores de tintas e vernizes, segundo a prestigiada *Coatings World Magazine* de 2014 (CIN, 2017).

## **CAPÍTULO II - REVISÃO DA LITERATURA**

De acordo com a norma NP EN ISO 4618 (2012) uma tinta é definida como sendo um produto de pintura com “uma composição pigmentada líquida, pastosa ou sólida que quando aplicada em camada fina sobre uma superfície apropriada forma uma película opaca dotada de propriedades protetoras, decorativas ou técnicas particulares”

### **2.1. Componentes da tinta**

As tintas são compostas por dois grandes grupos de constituintes: o extrato seco e o veículo volátil. Do primeiro, fazem parte os pigmentos, as cargas, o veículo fixo e os aditivos. Do veículo volátil fazem parte os solventes, os aditivos e os diluentes (Carvalho & Nogueira, 2004).

#### **2.1.1. Pigmentos**

Segundo a norma NP EN ISO 4618 (2012), os pigmentos são definidos como sendo substâncias sólidas, finamente divididas e praticamente insolúveis no veículo, que são usadas na preparação de tintas com a finalidade de lhes conferir cor e opacidade. Os pigmentos são usados para modificar as propriedades óticas das tintas, a durabilidade, resistência à corrosão, resistência ao fogo, entre outros (Nogueira, 2008).

##### **2.1.1.1. Tipos de Pigmentos**

Em termos químicos, os pigmentos podem ser divididos em dois grandes grupos: orgânicos e inorgânicos, dependendo da sua estrutura química (Goldschmidt & Streitberger, 2007). Estes diferenciam-se no que diz respeito à cor, opacidade, força corante, facilidade de dispersão, solidez, luz, resistência à intempérie, resistência ao sangramento (*bleeding*), resistência à cristalização (*blooming*) e ao poder de cobertura (Nogueira, Noções básicas de tintas e vernizes, 2008; Alua, 2012; Goldschmidt & Streitberger, 2007).

### 2.1.1.2. Propriedades dos pigmentos

A propriedade mais óbvia dos pigmentos é o tom, ou seja, a capacidade destes em permitir a obtenção das cores que se deseja imitar. Contudo, um pigmento pode ser utilizado apenas com o intuito de obter opacidade pois as tintas são, na grande maioria das situações, utilizadas para obliterar as superfícies sobre as quais são aplicadas. Os pigmentos devem ser capazes de suportar as influências dos meios em que são utilizados, quer durante o fabrico das tintas quer, posteriormente, durante a exposição à intempérie; devem ser compatíveis com o meio ambiente; devem ser inócuos para a saúde humana; devem ter um custo adequado às exigências de preço dos materiais em que vão ser incorporados e, por último, devem permitir obter as características desejadas dos materiais em que vão ser incorporados, como o brilho, a resistência ao calor, a resistência química, entre outras (Nogueira, 2008).

As características dos pigmentos devem-se à combinação de dois efeitos: a absorção e a difração da luz visível, sendo que, geralmente, a cor é determinada pela absorção de luz, enquanto que a opacidade resulta da sua difração. Assim, a cor dos pigmentos resulta da absorção seletiva e conseqüente reflexão de comprimentos de onda específicos do espectro de luz visível (Nogueira, 2008; Goldschmidt & Streitberger, 2007).

A força corante corresponde à medida da capacidade do pigmento para transmitir cor, fornecendo informação sobre quantas partes de pigmento branco são necessárias para se conseguir uma dada intensidade. Geralmente, quanto menor a quantidade de pigmento necessária, maior a força corante do mesmo (Nogueira, 2008).

Uma ótima dispersão dos pigmentos é fundamental para garantir que se obtém um rendimento máximo do pigmento. A dispersão permite de igual modo garantir a máxima durabilidade da tinta, estabilidade, brilho e bom comportamento quando aplicada. Os critérios utilizados para classificar o grau de dispersão são a finura de moagem, o brilho, a transparência, as propriedades reológicas da tinta líquida e, sobretudo a força corante do pigmento (Nogueira, 2008).

A solidez à luz explica-se considerando o caso do dióxido de titânio ( $TiO_2$ ), pigmento branco mais utilizado na indústria de tintas. Sendo um excelente absorvedor da radiação UV de acordo com a reação  $Luz\ UV + TiO_2 \rightarrow TiO_2^* \rightarrow TiO_2 + energia\ calorífica$ . A radiação UV é temporariamente transformada em energia eletrónica sob a forma de uma partícula de

TiO<sub>2</sub> eletronicamente excitada. Rapidamente a maior parte desta energia transforma-se em energia calorífica que se dissipa para o meio ambiente (Nogueira, 2008).

Alguns dos fenómenos de absorção previamente referidos podem desenvolver-se de uma maneira diferente. A energia contida na partícula de TiO<sub>2</sub> eletronicamente excitada pode ser transportada para a superfície do pigmento e interagir com água e oxigénio aí absorvidos. Quando isto acontece, a energia eletrónica se transforma em energia química, dando origem à formação de radicais livres e peróxidos que reagem com o polímero que constitui o veículo da tinta ou com moléculas de pigmentos orgânicos também presentes, destruindo-os. Para evitar que este mecanismo ocorra com muita frequência, ou seja, para tornar as tintas resistentes à intempérie, os fabricantes de dióxido de titânio revestem as partículas deste pigmento com uma camada de óxidos inertes (sílica ou alumina) impedindo assim que a humidade e o oxigénio se difundam até à superfície e se formem os radicais livres e os peróxidos já referidos (Nogueira, 2008).

A resistência ao sangramento corresponde à dissolução de pigmentos de uma demão de tinta nos solventes ou no veículo da demão seguinte (Nogueira, 2008).

A resistência à cristalização deve-se ao facto de alguns pigmentos terem tendência para cristalizar à superfície das películas de tinta durante o processo de secagem (ocorre para produtos que secam em estufa) (Nogueira, 2008).

O poder de cobertura corresponde à maior ou menor capacidade de obliterar a cor ou as diferentes cores de um substrato. Determina-se pela diferença de cor entre aplicações feitas para a mesma espessura sobre a superfície branca e sobre a superfície preta de cartas de cobertura (Nogueira, 2008).

#### 2.1.1.3. Dióxido de titânio

O pigmento branco mais utilizado no fabrico de tintas é o dióxido de titânio devido à sua eficiência em dispersar a luz visível, conferindo brancura, brilho e opacidade quando incorporado numa tinta. A maioria dos dióxidos de titânio comerciais possui tratamentos de superfície inorgânicos ou nalguns casos, orgânicos. Os tratamentos de superfície inorgânicos são, na maioria das vezes, precipitados de sílica e alumina. Estes tratamentos de superfície inorgânicos melhoram uma ou mais propriedades como dispersibilidade em água e numa

gama de líquidos orgânicos, eficiência no poder de cobertura, resistência à descoloração provocada pelo calor e/ou foto redução (The Chemours Company, 2016).

O controlo primário do brilho e opacidade em tintas brancas depende da dispersão da luz que pode dar-se por reflexão, refração ou difração.

De acordo com o tratamento de superfície que o dióxido de titânio possui existem dois tipos de dióxido de titânio que serão, a partir deste ponto, denominados como dióxido de titânio A ou B. A principal diferença entre os dois é o tratamento de superfície a que são sujeitos, sendo que o dióxido de titânio B possui um maior tratamento de superfície, logo, menor quantidade de dióxido de titânio e, conseqüentemente, um maior espaçamento entre as partículas. Pelo contrário, o dióxido de titânio A possui um menor tratamento de superfície, logo, maior quantidade de dióxido de titânio e, por isso, um menor espaçamento entre as partículas. O dióxido de titânio B é utilizado em tintas com elevado PVC (concentração de pigmentos em volume), pois nestes casos as partículas de pigmento geralmente encontram-se muito próximas e verifica-se o efeito *crowding*. Este efeito faz com que a opacidade das tintas diminua daí a necessidade de utilizar o dióxido de titânio B (DuPont, 2014) (The Chemours Company, 2016).

### **2.1.2. Cargas**

De acordo com a norma NP EN ISO 4618 (2012), as cargas são definidas como substâncias de fraco poder de cobertura e insolúveis nos veículos, que podem aparecer sob a forma de partículas mais ou menos finas. Estes componentes são empregues como constituintes de tintas com o fim de lhes modificar determinadas propriedades, entre as quais a viscosidade, a permeabilidade da película, a resistência química, a brilho, a resistência à abrasão, o comportamento anticorrosivo e o preço.

#### **2.1.2.1. Tipos de Cargas**

Os tipos de cargas mais utilizados são o carbonato de cálcio (“branco de paris”), a dolomite (carbonato de cálcio e de magnésio), a barita (sulfato de bário), o talco (silicato de magnésio hidratado), o caulino (silicato de alumínio), a farinha de sílica, a diatomite e a mica (Nogueira, 2008).

O carbonato de cálcio e a dolomite são as cargas mais baratas sendo, por isso, as mais utilizadas de forma a reduzir o preço das matérias-primas (Nogueira, 2008).

A barita é extremamente inerte de um ponto de vista químico e não é tóxica. Esta carga proporciona uma boa dureza e resistência a tensões das películas de tinta em que é incorporada (Nogueira, 2008).

O talco, quimicamente inerte, proporciona um toque suave às películas de tinta onde é incorporado devido ao formato lamelar das suas partículas. Esta carga pode ser usada quando se pretende reduzir o brilho. As cargas lamelares podem melhorar o comportamento anticorrosivo dos produtos uma vez que as finas lamelas se orientam por si próprias em planos paralelos à superfície que quando a tinta seca resulta um escudo laminado e resistente que protege a superfície através da criação de uma barreira que se opõe à difusão da humidade e poluente ou através do reforço da resistência mecânica (Nogueira, 2008).

O caulino possui partículas em forma de losango, eletronicamente ativas o que provoca atração entre as partículas que, ao ligarem-se umas às outras, formam uma estrutura tridimensional no meio do líquido, originando um comportamento tixotrópico que ajuda a evitar o sedimento duro das outras cargas e pigmentos que entram na formulação. Uma vez que os caulinos também possuem um formato lamelar contribuem para melhorar o comportamento anticorrosivo dos esquemas de pintura (Nogueira, 2008).

A farinha de sílica (areias de granulometria selecionada) possui uma elevada dureza e, por isso, melhora a resistência à abrasão e a resistência à esfrega (*burnishing*) das tintas em que é incorporada. As areias geralmente são utilizadas em produtos onde se pretende obter o efeito texturado (Nogueira, 2008).

A diatomite é uma carga macia, composta por sílica e que possui uma absorção de óleo elevada característica que, aliada ao formato irregular das suas partículas, faz com que seja usada como agente mateante, ou seja, para redução do brilho (Nogueira, 2008).

A mica é, também, uma carga lamelar que, devido a isso, melhora a resistência da película à difusão da humidade e do oxigénio e ajuda à difusão das tensões, aumentando a resistência à fissuração dos revestimentos expostos à intempérie. Para além das características anteriormente referidas, esta carga é altamente opaca à radiação ultravioleta pelo que melhora o comportamento das tintas de acabamento em exterior (Nogueira, 2008; Goldschmidt & Streitberger, 2007).

Há ainda outras características que podem influenciar o comportamento das cargas: a cor e a distribuição do tamanho da partícula. Relativamente à cor, as cargas podem ser mais brancas ou mais acinzentadas, dependendo do tipo de carga com que estamos a trabalhar e, dentro do mesmo tipo, da quantidade de impurezas que contêm. As cargas com uma tonalidade mais cinzenta geralmente dificultam a obtenção de brancos puros e podem “sujar” tons muito limpos e intensos obtidos com pigmentos orgânicos. Em relação à distribuição do tamanho da partícula é importante referir que uma vez otimizado o espaçamento entre partículas de dióxido de titânio, consegue-se aumentar o número de partícula que funcionam efetivamente como centros dispersores da luz, aumentando a opacidade da tinta sem que o seja preciso fazer em relação à quantidade empregue no pigmento. (Nogueira, Noções básicas de tintas e vernizes, 2008; Alua, 2012).

### **2.1.3. Veículo Fixo – Resinas**

De acordo com a norma NP EN ISO 4618 (2012), define-se veículo fixo como um conjunto de componentes das tintas, vernizes ou produtos similares que permitem a formação da película sólida e resina como substância orgânica sólida, semissólida ou líquida, amorfa, termoplástica ou termoendurecível, más condutoras da eletricidade, em geral, insolúveis em água, mas solúveis em certos solventes orgânicos. O veículo fixo determina as propriedades de um revestimento, nomeadamente propriedades mecânicas, elasticidade, resistência à alcalinidade, resistência química, resistência à intempérie e à radiação UV, brilho e pegajosidade. As tintas são classificadas de acordo com a natureza química do ligante, que é o constituinte mais importante (Associação Portuguesa de Tintas, 2017).

#### **2.1.3.1. Tipos de Resinas**

Há diversos tipos de resinas entre os quais as resinas fenólicas, as resinas alquídicas, as resinas vinílicas, as resinas acrílicas e as resinas de silicone (Nogueira, Noções básicas de tintas e vernizes, 2009).

As resinas fenólicas resultam da condensação de fenóis com aldeídos muito particularmente do fenol propriamente dito como formaldeído, os dois produtos mais empregues para a sua obtenção. Muitas das resinas fenólicas fazem parte dos materiais considerados aceitáveis para contacto com produtos alimentares, conforme se encontra na

secção 121.2514 das regulamentações das FDA (*Food and Drug Administration*). Como a flexibilidade requerida nestes produtos é maior do que a que pode ser obtida com as resinas fenólicas é comum modificá-las com outras resinas, nomeadamente resinas de butiral polivinílico e epóxi. As resinas fenólicas do tipo reativo podem reagir com colofónia para dar origem a produtos com um ponto de amolecimento mais elevado que o dos produtos originais. Estas resinas possuem uma boa solubilidade em álcoois (Nogueira, *Noções básicas de tintas e vernizes*, 2009; Lambourne, 1987).

As resinas alquídicas são usadas para a produção de esmaltes e vernizes de base solvente, ainda hoje de larga utilização. Estes produtos podem ser endurecidos através da reação com o oxigénio atmosférico – resinas secativas – ou em reação com outros polímeros – resinas não secativas. São obtidas pela condensação de álcoois polihídricos com ácidos polibásicos, podendo considerar-se como ésteres complexos (Nogueira, *Noções básicas de tintas e vernizes*, 2009; Lambourne, 1987).

A designação de resina vinílica aplica-se exclusivamente aos homopolímeros e copolímeros de cloreto de vinilo, acetato de vinilo, cloreto de vinilideno e éter vinil – isobutílico. As resinas vinílicas obtêm-se por um processo de polimerização por adição, ou seja, o crescimento das cadeias poliméricas dá-se por poliadição em que intervêm as ligações duplas e não por reação entre cadeias distintas (Nogueira, *Noções básicas de tintas e vernizes*, 2009; Lambourne, 1987).

As resinas acrílicas destacam-se por terem uma resistência à intempérie que excede significativamente a dos outros polímeros. Este tipo de resinas é utilizado de três principais formas: polímeros termoplásticos em dispersão em meio aquoso; polímeros termoplásticos solúveis em solventes orgânicos e polímeros termoendurecíveis solúveis em solventes orgânicos (Nogueira, 2009; Lambourne, 1987).

As resinas de silicone possuem algumas propriedades muito específicas devido ao carácter altamente estável da ligação silício-oxigénio. Assim, são muito mais resistentes à oxidação e à temperatura do que os compostos orgânicos. A resistência destas resinas à intempérie, nomeadamente na retenção de brilho e cor, é muito boa, bem como a sua resistência a produtos químicos (Nogueira, 2009; Lambourne, 1987).

#### **2.1.4. Solventes e diluentes**

Nos constituintes da tinta que compõe o veículo volátil, encontram-se os solventes e os diluentes. Segundo a norma NP EN ISO 4618 (2012), solventes são líquidos compostos por um ou mais componentes que são voláteis sobre determinadas condições de secagem e que conseguem dissolver resinas sem que ocorram reações químicas (Goldschmidt & Streitberger, 2007). Estes produtos – os solventes e os diluentes – constituem o veículo volátil.

Os solventes dissolvem a resina, proporcionando uma solução clara e homogênea, e permitem obter a viscosidade adequada. Um solvente pode ser classificado de acordo com a capacidade do líquido em dissolver a quantidade máxima de resina, ou seja, a concentração máxima da solução que se consegue obter e a viscosidade da solução que se obtém para uma dada resina. É ainda possível destacar uma classe de solventes denominados solventes latentes. Estes são produtos que atuam como solventes somente na presença de verdadeiros solventes, aumentando o seu poder solvente, isto é, funcionam por sinergia (Nogueira, 2008).

Por outro lado, os diluentes, que eventualmente podem ser água, reduzem a viscosidade da tinta a um nível adequado para a sua aplicação. A utilização de um diluente que não é adequado ao produto pode alterar o seu comportamento. Segundo norma NP EN ISO 4618 (2012) entende-se por diluente todo o líquido volátil parcial ou totalmente miscível com o veículo que adicionado a uma tinta ou verniz durante o processo de fabrico ou momento de aplicação lhe reduza a viscosidade.

A seleção criteriosa do solvente ou mistura de solventes influencia a lacagem da película e a velocidade da secagem (Associação Portuguesa de Tintas, 2017). Os solventes, diluentes e solventes latentes mais utilizados são: hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos, álcoois, esteres e cetonas, éteres e esteres glicólicos (Silva J. , 2013; Alua, 2012).

#### **2.1.5. Aditivos**

Na formulação de uma tinta, os constituintes que se apresentam em maior quantidade são os pigmentos, as cargas, o veículo e os solventes. No entanto, existem ainda outros componentes que se apresentam em quantidades menos significativas e que têm a função de facilitar o fabrico, a aplicação, melhorar a estabilidade e minimizar os defeitos. A esses componentes damos o nome de aditivos.

De acordo com a norma NP EN ISO 4618 (2012) os aditivos são definidos como substâncias incorporadas em pequena percentagem nas tintas, vernizes e produtos similares com o fim de lhes conferir determinadas características. Estes componentes têm a função de facilitar ou melhorar o fabrico, a aplicação, a estabilidade e otimizar as propriedades da película de tinta seca. Os diferentes tipos de aditivos existentes e respetiva função encontram-se representados na Tabela 1.

*Tabela 1 - Tipos de aditivos e respetiva função (Alua, 2012; Evonik Industries, 2014)*

<b>Aditivo</b>	<b>Função</b>
<b>Reguladores de pH</b>	Conferir à tinta o pH pretendido, normalmente superior a 8
<b>Agentes anti espuma</b>	Reduzir ou evitar a formação de espumas indesejáveis
<b>Agentes reológicos</b>	Promover um comportamento reológico adequado
<b>Agentes anti pele</b>	Impedir a formação de peles à superfície dos produtos nas embalagens, durante o armazenamento
<b>Agentes anti sedimentação</b>	Evitar a deposição dos pigmentos e cargas, durante o armazenamento
<b>Coalescentes</b>	Facilitar a formação de película das tintas de base aquosa
<b>Conservantes</b>	Evitar a contaminação por microrganismos (bactérias) na fase líquida ou na película (fungos e algas)
<b>Secantes</b>	Acelerar a secagem oxidativa da tinta
<b>Absorvedores da luz</b>	Estabilizar o comportamento dos revestimentos expostos à luz solar e aos raios <i>UV</i>
<b>Inibidores de corrosão</b>	Prevenir a corrosão da embalagem (fase líquida) ou do substrato metálico (película seca)
<b>Plastificantes</b>	Conferir elasticidade e flexibilidade à película

## **2.2. Processo de Produção**

O processo de produção de uma tinta de base aquosa é realizado em diferentes etapas: pesagem, mistura/dispersão, filtração, controlo de qualidade e enchimento.

### **2.2.1. Pesagem**

Esta etapa refere-se à pesagem das matérias primas, normalmente constituídas pelo solvente (neste caso água, uma vez que se trata de uma tinta de base aquosa), cargas, aditivos diversos, resinas, pigmentos (no caso de produtos com cor) (Figueiredo, Diniz, Sota, & Limpo, 2000).

É fundamental que as matérias primas sejam pesadas com rigor, uma vez que as alterações em relação ao estipulado, podem originar tintas com diferentes propriedades físicas e/ou químicas, comprometendo o seu comportamento e aplicação (Associação Portuguesa de Tintas, 2017).

### **2.2.2. Mistura/dispersão**

A mistura/dispersão pode restringir-se a apenas uma ou a um conjunto de operações, tomando por vezes designações distintas. Situações que envolvem a incorporação de matérias primas em pó, é necessária uma etapa de dispersão para efetuar uma separação física das partículas. Em determinadas situações em que é necessário um menor tamanho de partícula (grau de dispersão), procede-se à moagem do produto, de forma a maximizar as características dos pigmentos/cargas em termos de cor e opacidade (Figueiredo, Diniz, Sota, & Limpo, 2000).

A dispersão dos pigmentos tem como objetivo a obtenção de um produto estável e um tamanho uniforme de partículas de pigmentos finamente divididas. A dispersão dos pigmentos pode ser dividida em quatro etapas: desintegração, dispersão, molhagem e estabilização. A primeira etapa – a desintegração – compreende a rutura dos aglomerados de partículas primárias dos pigmentos, através da ação de forças mecânicas. Durante a dispersão, a segunda etapa, são separadas as partículas primárias e os agregados mais pequenos, que de outro modo se manteriam colados devido a forças de atração superficial. Os agregados contêm sempre no seu interior uma certa quantidade de ar. Uma vez libertado todo o ar, cada uma das partículas é envolvida pelo veículo, atingindo-se a terceira etapa – a molhagem. A quarta etapa – a estabilização – compreende uma distribuição uniforme das partículas separadas e molhadas mantendo a homogeneidade.

A avaliação do grau de dispersão é realizada com base no tamanho de partículas usando uma régua de moagem tipo *Hegman*. Este critério decide a qualidade da dispersão e daqui resulta que quanto maior forem os agregados de partículas, menor a qualidade de dispersão (Evonik Industries, 2014).

Em último lugar, realiza-se uma operação de mistura/homogeneização com adição dos componentes restantes, nomeadamente do veículo ligante utilizado, para estabilização da

pastas de moagem e todos os aditivos do acabamento (Figueiredo, Diniz, Sota, & Limpo, 2000).

### **2.2.3. Filtração**

Esta operação permite remover alguns tipos de impurezas e contaminantes que permaneçam no produto que possam alterar a qualidade do produto final, fazendo-o passar através de um meio permeável e poroso (Figueiredo, Diniz, Sota, & Limpo, 2000). Na produção de tintas em laboratório a filtração é realizada em papel de filtro. Contudo, em fábricas podem ser usados diferentes tipos de filtro, como Tela, Bolsa, Russel, entre outros.

### **2.2.4. Controle de qualidade e acertos finais**

A existência desta operação é essencial para a garantia da qualidade do produto final, podendo ser levada a cabo apenas no final do processo ou ao longo do fabrico. Faz-se a partir de um processo de amostragem, por lote, e análise laboratorial, onde é realizado o controlo das características mais importantes do produto. As características a controlar são definidas pelo departamento de Investigação e Desenvolvimento (I&D) e o produto é comparado com um padrão previamente aprovado. Quando necessário, o controlo de qualidade, em concordância com o I&D, dá indicação para correção de alguma característica fora da especificação (Figueiredo, Diniz, Sota, & Limpo, 2000) (Silva A. , 2016).

### **2.2.5. Enchimento/Rotulagem**

Esta operação representa a etapa final antes da expedição, consistindo no enchimento da embalagem com o produto a comercializar. É usualmente uma operação automatizada (embora possa ser manual ou semiautomática), podendo ou não incluir a operação de rotulagem. A rotulagem das embalagens pode ser realizada antes ou depois do enchimento (Figueiredo, Diniz, Sota, & Limpo, 2000) (Silva A. , 2016).

## **2.3. Produção Modular**

Como vimos no início do Capítulo I, as empresas têm-se focado no processo de fabrico com o intuito de reduzir os custos de produção bem como os prazos e, ainda,

simplificar os processos de produção, garantindo deste modo uma maior produtividade e vantagem competitiva. Desta necessidade, surge a produção modular.

As indústrias automóvel e civil representam dois exemplos de setores que adotaram este modelo de produção. Na indústria automóvel, o modelo Fusca da Volkswagen, em 1938, representa um exemplo de produção modular (Silva A. , 2016). Na construção civil, este modelo encontra-se representado no “Sistema modular – Colmeia” e que se refere à possibilidade de construir adotando como unidade modular o prisma hexagonal em vez dos quadrangulares, utilizados nas construções de hoje em dia (Portugal Patente Nº PT 10541 T, 2010).

Na indústria de tintas este conceito surgiu recentemente e a sua aplicação tem sido alvo de estudo com o objetivo de obtermos um processo de fabrico mais competitivo, respondendo, deste modo, às exigências do mercado de forma mais simples, eficaz e rápida (Silva A. , 2016).

A produção modular pode ser usada para pequenas ou elevadas quantidades de produção, dependendo dos objetivos de cada empresa.

As vantagens competitivas deste tipo de produção, a produção modular, relativamente ao método convencional são várias (Alberdingk Boley et al., 2014):

- Redução dos tempos de produção;
- Redução dos custos energéticos;
- Redução dos custos laborais;
- Maior capacidade;
- Parâmetros de produção constantes;
- Inexistência de limites para possíveis mudanças do produto;
- Facilidade de dispersão;
- Aumento da eficiência produtiva;
- Redução das emissões de odores;
- Melhorias de higiene e limpeza.

Resumindo, este novo método de produção – a produção modular – consiste em parte numa estratégia para combater a concorrência global uma vez que o produto é obtido num menor período de tempo, permitindo uma rápida resposta perante as exigências do mercado (Silva A. , 2016).

No caso particular deste trabalho serão desenvolvidos *slurries* que serão incorporados no fabrico de tintas aquosas com o intuito de diminuir o tempo de dispersão e, conseqüentemente, o tempo de fabrico das tintas.

Contudo, antes da incorporação destes *slurries* nas tintas há necessidade de os otimizar uma vez que estes podem interferir com as características das tintas. Esta otimização deve também ter em conta o valor económico associado.

Ao longo do trabalho serão otimizados alguns parâmetros dos *slurries* estudados entre os quais a quantidade de sólidos e a quantidade e tipo de dispersantes de modo a obter uma tinta com um comportamento e desempenho semelhante à tinta padrão.

## **CAPÍTULO III – DESCRIÇÃO TÉCNICA**

### **3.1. Caracterização das tintas**

As tintas são utilizadas para diferentes finalidades sendo, por isso, necessário proceder a ensaios de caracterização básica com o objetivo de garantir a qualidade das mesmas tendo em conta a sua finalidade, o método de aplicação, a natureza do suporte onde serão aplicadas bem como as condições ambientais a que estarão expostas. Esta caracterização é feita através de diversos ensaios que serão descritos de seguida.

#### **3.1.1. Massa volúmica**

A massa volúmica de uma substância é a propriedade da matéria que corresponde à massa contida por unidade de volume, ou seja, corresponde ao grau de compactação de um corpo. Nas tintas fabricadas a massa volúmica foi determinada com recurso a um picnómetro de aço inoxidável, e de acordo com a Norma Portuguesa EN ISO 2811-1:2012. Os picnómetros são utilizados com o intuito de determinar a densidade de líquidos viscosos, como tintas e vernizes, utilizando o princípio da determinação da massa de líquido contido e tendo em conta o volume do picnómetro obtido através da sua calibração (Instituto Português da Qualidade, 2011).

Os valores são expressos em g/mL ou kg/L.

#### **3.1.2. pH**

O valor do pH indica a quantidade de protões  $H^+$  presentes numa solução aquosa sendo indicador do grau de acidez, alcalinidade ou neutralidade da mesma solução. A medição do pH é feita com recurso a uma norma interna (NCIN) que especifica um método de determinação do pH das dispersões aquosas, utilizando um medidor de pH com um eletrodo de vidro.

#### **3.1.3. Viscosidade *Stormer***

A viscosidade é uma propriedade dos fluídos que determina a resistência dos mesmos face ao escoamento. A viscosidade *Stormer*, medida num viscosímetro de *Stormer*, Figura 1,

está associada a tensões de corte mais baixas do que as tensões exercidas na viscosidade de cone e prato e foi medida de acordo com uma norma interna, NCIN.

Os valores são expressos em Unidades de *Krebs* (UK).



**Figura 1** - Viscosímetro de *Stormer* (*Bluematic*, 2015).

#### 3.1.4. Viscosidade de cone e prato

Este tipo de viscosidade, medida num viscosímetro de cone e prato, Figura 2, está associado a elevadas tensões de corte e foi determinada de acordo com uma norma interna (NCIN) e foi expressa em *Poise*, no entanto será apresentada com as unidades do Sistema Internacional, Pascal segundo.



**Figura 2** - Viscosímetro de cone e prato (*Sheen Instruments*, 2017).

### 3.1.5. Opacidade seca/razão de contraste

As medições da opacidade de um filme de tinta ou poder de cobertura são avaliadas em termos de razão de contraste (Dias, 2008). De acordo com a Norma Portuguesa EN ISO 4618, a razão de contraste define-se como a razão entre a refletância duma película de tinta aplicada, sob condições especificadas, numa superfície preta e a refletância duma película com a mesma espessura da mesma tinta aplicada numa superfície branca. Quanto maior é a percentagem, maior a opacidade seca e, portanto, maior a capacidade de cobertura da tinta. Uma película de tinta completamente opaca apresenta uma razão de contraste de 100 %.

Este parâmetro foi determinado de acordo com uma norma interna, NCIN e os valores foram expressos em percentagem, %. O método consiste numa aplicação de um filme de tinta de 100 µm de espessura numa carta de razão de contraste, Figura 3. Após a secagem a opacidade é medida com recurso a espectrofotómetro.

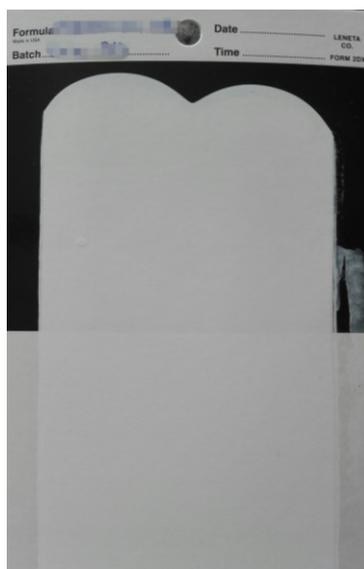


Figura 3 - Carta de aplicação.

### 3.1.6. Brilho

A definição tradicional de brilho considera a luz refletida na superfície dos revestimentos. A impressão sensorial percebida pelo olho é reconhecida como brilho e pode alterar-se consoante o ângulo de visão.

Nas tintas, foi medido o brilho a 20°, 60° e 85° de acordo com a Norma Portuguesa EN ISO 2813 com recurso a um medidor de brilho, Figura 4.



**Figura 4** - Medidor de brilho (BYK, 2017).

### **3.1.7. Brancura ( $W_i$ ) e Amarelecimento ( $Y_i$ )**

O índice de brancura e amarelecimento foram ambos determinados de acordo com uma norma interna (NCIN) e expressos em percentagem. O método consiste na aplicação de um filme de tinta de 200  $\mu\text{m}$  de espessura numa carta de razão de contraste, Figura 3. Após secagem faz-se a medição da brancura e amarelecimento com recurso a um espectrofotómetro.

O índice de brancura tem como objetivo determinar a brancura de uma película de tinta. Quanto maior o valor da percentagem do índice de brancura de uma determinada tinta, mais branca é essa tinta.

Por outro lado, o índice de amarelecimento permite determinar diferenças de cor em películas de tinta expostas à temperatura, luz, ou outras condições que afetem a estabilidade da cor. Quanto maior for o valor lido, maior é o amarelecimento da tinta.

### **3.1.8. Opacidade húmida**

Este parâmetro foi determinado de acordo com uma norma interna (NCIN), sendo o método muito semelhante à opacidade seca, ou seja, aplica-se um filme de tinta de 100  $\mu\text{m}$  de espessura numa carta de razão de contraste (Figura 3) e, imediatamente após a aplicação, a opacidade é medida com recurso a espectrofotómetro.

O seu resultado é expresso em percentagem, %.

### **3.1.9. Estabilidade acelerada**

A estabilidade acelerada pretende simular o comportamento das tintas e vernizes quando sujeitas a armazenamento em recipiente fechado por um período de tempo prolongado. O ensaio é realizado colocando a tinta a 50 °C durante 30 dias.

Para fazer o estudo da estabilidade acelerada, foi seguida uma norma interna (NCIN) e os resultados expressos em 1 ou 2, “não passa” ou “passa”, respetivamente. Os ensaios que são efetuados dependem do tipo de tinta e, geralmente, verifica-se o pH, a viscosidade *stormer*, a viscosidade cone e prato, a razão de contraste, a brancura, o amarelecimento, o brilho, o aspeto físico, o aspeto da película, a separação de fases/sinérese (em química, a sinérese é a divisão dos níveis que compõem uma suspensão ou mistura) e a cor, se aplicável.

### **3.1.10. Aspeto físico**

O aspeto físico foi determinado de acordo com a norma NP EN ISO 1513. Os resultados são expressos em 1 ou 2, “não passa” ou “passa”, respetivamente.

### **3.1.11. Aspeto da película**

O aspeto da película foi determinado segundo uma norma interna (NCIN) que fixa o procedimento para determinar a aplicabilidade de revestimentos e inspecionar as respetivas películas. Os resultados são expressos em 1 ou 2, “não passa” ou “passa”, respetivamente.

### **3.1.12. Cor**

Nos produtos usados como base tintométrica é necessário verificar a diferença de cor para um padrão. Esta determinação da diferença de cor é feita de acordo com uma norma interna (NCIN) e os resultados foram expressos como diferença de cor,  $\Delta E$ .

### **3.1.13. Rendimento 98 %**

A determinação do rendimento é realizada a uma determinada razão de contraste. Neste caso foi considerada uma razão de contraste de 98 % e o seu rendimento foi efetuado de acordo com a Norma Portuguesa EN ISO 6504-3. Os resultados foram expressos em m<sup>2</sup>/L.

Note-se que quanto maior o rendimento, maior será a área aplicada com um litro de tinta para uma opacidade seca de 98 %.

#### **3.1.14. Resistência à marcação dos dedos**

Este ensaio, efetuado de acordo com uma norma interna (NCIN), permite determinar a resistência de uma película de tinta à marcação/manchamento originada pela migração dos óleos presentes nos dedos das mãos após repetido manuseamento. Os resultados são expressos em percentagem, %.

#### **3.1.15. Resistência à fissuração de uma tinta para espessuras elevadas**

Este ensaio foi efetuado de acordo com a norma NP EN ISO 4378, onde há aplicação da tinta num bloco metálico específico que apresenta na zona central um sulco com uma variação crescente de espessura. Após secagem da tinta observa-se o início do aparecimento de fissuração na película. Os resultados são expressos em micrómetros,  $\mu\text{m}$ .

#### **3.1.16. Fissuração *Mudcracking***

Este ensaio foi realizado de acordo com uma norma interna (NCIN). Esta norma pretende definir um processo para apreciação e avaliação da película de tinta quando aplicada com espessuras elevadas e sujeita a secagem a baixas temperaturas. Os resultados apresentam-se numa escala de 1 a 5, sendo 1 – fissuras visíveis a olho nu, 2 – fissuras dificilmente visíveis a olho nu, 3 – fissuração apenas visível à lupa, 4 – película enrugada, mas isenta de fissuração e 5 – película isenta de fissuração e enrugamento.

#### **3.1.17. Aplicação e avaliação de uma tinta quando aplicada a rolo e à trincha**

Neste ponto, pretende-se avaliar as propriedades de aplicação de uma tinta para paredes ou fachadas, quando aplicadas à trincha e/ou a rolo tais como aplicabilidade, opacidade húmida e seca, salpicos, emendas, retoques, espalhamento e brancura.

Sendo este um método subjetivo é aconselhável que seja sempre efetuada pela mesma pessoa e utilizado apenas para testes comparativos. O método foi realizado de acordo com

uma norma interna (NCIN) e os resultados foram expressos numa escala de 1 a 5 sendo que 1 – mau, 2 – medíocre, 3 – satisfatório, 4 – bom e 5 – excelente.

### **3.1.18. Resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos**

Este ensaio, realizado de acordo com uma norma interna (NCIN), permite avaliar a resistência de películas secas de tintas e vernizes, à ação dos álcalis de ligantes hidráulicos, componentes de argamassas, sobre as quais sejam aplicados. Os resultados do ensaio consistem na descrição do comportamento observado nos provetes sujeitos a ensaio.

### **3.1.19. Resistência ao polimento da película de tinta quando aplicada a rolo (Polimento Prático)**

Este ensaio, efetuado de acordo com uma norma interna (NCIN), descreve o procedimento para avaliação da resistência ao polimento em seco e em húmido de uma película de tinta. Como a avaliação visual pode ser subjetiva, este método só deve ser utilizado para testes comparativos no mesmo laboratório. Os resultados são expressos em percentagem de variação de brilho. O polimento seco é efetuado com a esponja seca, o polimento húmido é efetuado com recurso a uma solução de detergente neutro.

### **3.1.20. Manchamento da película de tinta quando aplicada a rolo (Manchamento Prático)**

O manchamento da película de tinta aplicada a rolo foi determinado segundo uma norma interna (NCIN). Para proceder à realização deste ensaio aplicam-se nódoas na tinta seca e são deixadas em contacto com a película. No final de um determinado tempo de contacto, previsto pela norma, faz-se a remoção das nódoas com papel absorvente e detergente neutro e avaliam-se os efeitos observados na película, segundo uma escala de 0 (sem alteração) a 2 (alteração muito profunda).

### **3.1.21. Resistência de uma película de tinta às cinzas**

Este ensaio foi efetuado de acordo com uma norma interna (NCIN) que define um processo de determinação da resistência às cinzas de uma película de tinta. Os resultados são

expressos em diferença de cor,  $\Delta E$ . Este ensaio permite avaliar a capacidade de retenção de sujidade da película de tinta.

### **3.1.22. Resistência à lixiviação de surfactantes (*Surfactant leaching*)**

Este ensaio foi efetuado de acordo com uma norma interna (NCIN) e tem como objetivo a determinação da resistência à lixiviação de surfactantes de uma película de tinta, através da análise visual, após ter sido submetida ao contacto com água desionizada. Os ensaios vêm expressos numa escala de 0 a 2, sendo 0 – sem alteração, 1 – manchamento ligeiro ou pequenas marcas de brilho e 2 – manchamento severo ou marcas de brilho severas. A análise é efetuada 4 horas, 24 horas e 4 dias após aplicação da tinta.

### **3.1.23. Avaliação de uma tinta quando manchada com água (*Snail trails/Exsudações*)**

Este ensaio foi realizado de acordo com uma norma interna (NCIN) e permite fazer uma apreciação de uma película de tinta quando manchada por um percurso contínuo de água. Os resultados são expressos numa escala de 0 a 2 e E, sendo 0 – nota-se manchamento na cor, 1 – manchamento da cor pouco perceptível, 2 – não se nota manchamento de cor e E – são visíveis exsudações (zonas mais brilhantes). A análise é efetuada 4 horas, 24 horas, 4 dias e 7 dias após aplicação da tinta.

### **3.1.24. Resistência de uma película de tinta ao amoníaco e à água líquida**

O ensaio da resistência de uma película de tinta ao amoníaco e à água líquida é efetuado de acordo com uma norma interna (NCIN). O método descrito pela norma permite determinar a resistência de uma película de tinta à sua degradação por contacto com uma solução aquosa de amónia ou com água líquida. Os resultados são expressos numa escala de 0 a 10 minutos e podem possuir os sufixos R ou S. R nos casos em que a película recupera o enrugamento/empolamento após 24h ou S nos casos em que ocorre amolecimento da película após 9 minutos.

### **3.1.25. Reologia**

A reologia estuda o escoamento e a deformação da matéria. O comportamento do fluxo encontra-se intrinsecamente associado à viscosidade do fluido que descreve a sua resistência em escoar sob uma determinada tensão aplicada. A viscosidade é o resultado da fricção interna entre as camadas adjacentes de fluidos que se movimentam a velocidades diferentes. A classificação reológica tem por base a curva de fluxo do fluido, ou seja, a representação gráfica da tensão de corte em função da velocidade de deformação (Faustino, Bettencourt, Alfaia, & Pinheiro, 2016). Este ensaio é determinado de acordo com a NP EN ISO 3219.

### **3.1.26. Resistência ao polimento em seco e em húmido da película de tinta**

A determinação da tendência ao polimento seco e em húmido de uma película de tinta, realizada de acordo com uma norma interna (NCIN), é efetuada por medição de brilho após abrasão com uma compressa de gaze, sob determinadas condições especificadas na mesma norma. Os resultados são expressos em percentagem de variação de brilho, %.

### **3.1.27. Compatibilidade e flutuação de cor de bases**

Este ensaio foi efetuado de acordo com uma norma interna (NCIN) que tem como objetivo avaliar a compatibilidade e flutuação de cor de bases tintométricas com todos os corantes. De acordo com a mesma norma, um corante diz-se compatível com um produto, quando a junção destes, origina uma cor homogénea e perfeitamente desenvolvida, independentemente do tempo de agitação. Ainda na mesma norma, verifica-se que a flutuação de cor é identificada pelo teste do “*rub-out*” que consiste em efetuar movimentos circulares com o dedo sobre uma parte da tinta aplicada, exercendo uma pressão média, de forma a tornar visível a camada debaixo da tinta. Os resultados da compatibilidade são expressos sob uma escala de 1 a 2, sendo que 1 – incompatível e 2 – compatível e a flutuação de cor é expressa segundo uma escala de 0 a 2, sendo 0 – flutuação de cor acentuada, 1 – flutuação de cor ligeira e 2 – sem flutuação de cor.

### **3.1.28. Temperatura mínima de formação de película**

A temperatura mínima de formação de película (TMFP), que corresponde à temperatura limite acima da qual se forma uma película homogénea sem fissuração nem farinação, foi determinada recorrendo à norma NP EN ISO 2115. Os resultados são expressos como a média dos resultados das temperaturas individuais.

### **3.1.29. Tensão de película**

A tensão de película foi determinada de acordo com uma norma interna (NCIN). Aplica-se a tinta sobre uma película de plástico e, após secagem, verifica-se o estado de enrolamento do produto classificando-se numa escala de 0 a 5, de acordo com imagens especificadas na mesma norma.

### **3.1.30. Poder de cobertura (*Rewet*)**

Esta caracterização, também determinada de acordo com uma norma interna (NCIN), permite quantificar a opacidade seca de uma película de tinta, determinando-se o seu poder de cobertura quando aplicado um óleo, em comparação com o poder de cobertura da mesma película de tinta quando seca. Os resultados são expressos em percentagem, %.

### **3.1.31. Avaliação da resistência à pegajosidade de uma película de tinta (*Blocking*)**

Este ensaio foi determinado de acordo com uma norma interna (NCIN) e tem o objetivo de avaliar a tendência de uma superfície pintada em apresentar uma pegajosidade indesejável quando se promove o contacto entre duas películas de tinta durante um determinado período de tempo, ou entre uma película de tinta e uma carta (*blocking*). Os resultados são expressos numa escala de 1 a 5, onde 1 – não cola e não se ouve som durante a separação, 2 – cola ligeiramente e ouve-se um ligeiro som, 3 – cola moderadamente sem remoção de tinta e ouve-se um som elevado, 4 – alguma remoção de tinta e 5 – destacamento de tinta da carta.

### **3.1.32. Resistência UV-A**

Com o intuito de determinar a resistência à radiação ultravioleta A (UV-A) seguiu-se a Norma Europeia EN ISO 16474-3. A película de tinta é sujeita à radiação UVA através de lâmpadas fluorescentes durante 1500 h. Durante este período, semanalmente, são verificadas algumas características como alteração de cor, fissuração, pulverulência e empolamento.

### **3.1.33. Resistência ao exterior**

Este ensaio foi efetuado de acordo com uma norma NP EN ISO 2810 que especifica as condições que devem ser tidas em consideração, na seleção do tipo de envelhecimento natural e no procedimento a usar na determinação da resistência dos revestimentos ou esquemas de pintura. O envelhecimento natural é usado para determinar a resistência dos revestimentos ou esquemas de pintura à radiação solar e à atmosfera.

### **3.1.34. Resistência à esfrega húmida e lavabilidade de revestimentos por pintura**

A resistência à esfrega húmida e lavabilidade de revestimentos por pintura foi determinada através da norma NP EN ISO 11998 (2012). Os resultados foram expressos em  $\mu\text{m}$  secos e representam a perda média na espessura seca da película de tinta.

## **3.2. Caracterização dos *slurries***

Como foi visto no ponto 2.2.2 durante o fabrico das tintas há a necessidade de efetuar uma etapa de dispersão sempre que há incorporação de matérias primas em pó. Esta etapa requer energia mecânica e um determinado tempo, até que se atinja um determinado grau de dispersão, e, por isso, é considerada uma etapa com grande impacto ao nível dos custos da produção. Com o intuito de diminuir o tempo de fabrico das tintas através da diminuição do tempo da etapa de dispersão, ou até mesmo eliminação desta etapa, serão estudados diversos *slurries*.

A caracterização dos *slurries* foi efetuada de acordo com normas, em vigor na empresa, sendo que as propriedades de maior interesse são o grau de moagem, o aspeto em vidro, a viscosidade *Brookfield*, a estabilidade em armazém, a estabilidade acelerada e a força corante de pastas de pigmento, nos casos dos *slurries* de pigmento.

### **3.2.1. Grau de dispersão**

O grau de dispersão foi medido segundo a norma NP EN ISO 1524, com recurso a uma régua de moagem tipo *Hegman* e os resultados foram expressos em *Hegman*.

### **3.2.2. Aspeto em vidro**

Para todos os *slurries* há necessidade de verificar se a película obtida se apresenta uniforme e isenta de partículas, grumos ou sujidade. Com o intuito de verificar o aspeto em vidro seguiu-se uma norma interna (NCIN) e os resultados apresentam-se numa escala de 1 a 2. O valor 1 é atribuído se a película apresentar algum defeito e o 2 é atribuído quando a película não apresenta qualquer defeito, respetivamente.

### **3.2.3. pH**

A medição do pH dos *slurries* foi efetuado pelo mesmo método das tintas, como referido em 3.1.2.

### **3.2.4. Viscosidade *Brookfield***

Como vimos no ponto 3.1.3, a viscosidade é uma propriedade dos fluídos que determina a resistência dos mesmos face ao escoamento. Este tipo de viscosidade está associado a tensões de corte ainda mais baixas do que a viscosidade *Stormer* e foi medido segundo uma norma interna (NCIN) e os resultados foram expressos em *Poise*.

### **3.2.5. Estabilidade em armazém e acelerada**

A estabilidade em armazém e acelerada consiste na verificação de possíveis alterações que possam ocorrer durante 30 dias à temperatura ambiente ou a 50 °C, respetivamente. Semanalmente, foram avaliados alguns parâmetros entre os quais a sinérese, a presença/ausência de sedimentos, ar ou grumos, a viscosidade, a consistência da mistura e a facilidade da homogeneização, até se completarem os 30 dias. Estes ensaios foram todos realizados de acordo com normas internas (NCIN).

### **3.2.6. Força corante de pastas de pigmento**

A força corante é uma forma de quantificar a capacidade que uma matéria colorida tem de fazer sobressair a sua própria cor, quando se apresenta misturada com outras cores ou branco. A força corante é sempre referente a ensaios comparativos entre a amostra de ensaio e um padrão previamente definido. Este ensaio foi efetuado de acordo com uma norma interna (NCIN) e os resultados são expressos em termos de % de força corante.

## CAPÍTULO IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo será dividido em diversos subcapítulos.

No primeiro subcapítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos relativamente ao desenvolvimento e caracterização dos *slurries* estudados.

No segundo subcapítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos relativamente às tintas com *slurries* incorporados, onde serão comparados com os valores das tintas fabricadas pelo método convencional.

No terceiro subcapítulo far-se-á uma comparação dos tempos de produção das tintas fabricadas pelo método convencional e através da produção modular.

No quarto, e último, subcapítulo, efetuar-se-á uma análise económica comparativa entre os custos de produção das tintas fabricadas convencionalmente e com a produção modular.

### 4.1. Desenvolvimento e caracterização dos slurries

Os *slurries* a desenvolver e incorporar nas tintas estavam já previamente definidos sendo dois *slurries* de espessantes celulósicos denominados por EC1 (*slurry* de hidroxietilcelulose de alto peso molecular) e EC2 (*slurry* de hidroxietilcelulose hidrofobicamente modificada de baixo peso molecular), um *slurry* de carga designado por C1 (*slurry* de talco) e quatro *slurries* de pigmento representados como P1 (*slurry* de titânio de A), P1a (contratipo de *slurry* de titânio de A), P2 (*slurry* de titânio B) e P2a (contratipo de *slurry* de titânio B). A empresa já utiliza em diversas formulações um *slurry* de carbonato de cálcio, que é comprado e que daqui em diante será denominado por C2.

A otimização dos *slurries* baseou-se na quantidade e tipo de dispersante bem como na quantidade de sólidos dispersos. Salienta-se que quanto maior é a percentagem de sólidos incorporados nos *slurries*, menor será a percentagem de água que será necessário retirar da formulação da tinta onde os *slurries* serão incorporados.

Na Tabela 2 encontram-se descritas as principais características dos *slurries* reproduzidos.

Finalizada a reprodução de todos os *slurries*, colocou-se os mesmos durante 30 dias à *Tamb.* (temperatura ambiente) e a 50 °C. A estabilidade a 50 °C permite acelerar resultados

que de outra forma só seria possível obter passados meses à  $T_{amb}$ , dando uma indicação de como se poderão comportar os *slurries* a longo prazo.

**Tabela 2** - Características dos *slurries* otimizados, onde GDD - Grau de dispersão, AV - Aspeto em vidro,  $V_B$  - Viscosidade Brookfield, t - tempo de dispersão, RPM - rotações por minuto

<b>Slurry</b>	<b>Sólidos/%</b>	<b>GDD/Hegman</b>	<b>AV</b>	<b>pH</b>	<b><math>V_B</math></b>	<b>t/min</b>	<b>RPM</b>
<b>EC1</b>	3	-	2	8,9	457 (sp7/50rpm)	35	2000
<b>EC2</b>	4	-	2	9,1	300 (sp7/50rpm)	35	3500
<b>C1</b>	55	5	-	8,9	19,7 (sp5/100rpm)	50	3000
<b>P1</b>	75	5	-	7,9	17,7 (sp4/100rpm)	60	1200
<b>P1a</b>	75	5	-	8,4	8,8 (sp4/100rpm)	60	1000
<b>P2</b>	62	5	-	7,9	3,3 (sp2/60rpm)	40	1000
<b>P2a</b>	65	4	-	7,6	11,5 (s4/100rpm)	45	1200

Da Tabela 3 à Tabela 9, encontram-se os resultados das avaliações do comportamento dos *slurries* a cada 8 dias até perfazer os 30 dias à  $T_{amb}$ . e a 50 °C.

**Tabela 3** - Estabilidade do *slurry* EC1 ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C

		8 dias	15 dias	21 dias	30 dias
<b>EC1</b>	$T_{amb}$ .	Sem ar; sem sedimento; homogéneo.			
	50 °C	Sem ar; sem sedimento; homogéneo.			

Pela análise da Tabela 3, verificamos que o comportamento do *slurry* EC1 não sofre alterações ao longo do tempo de avaliação, tanto à  $T_{amb}$ . como a 50 °C. Uma vez que o *slurry* se manteve isento de ar e de sedimento e a mistura não sofreu alterações ao longo do tempo considerou-se o *slurry* EC1 estável.

**Tabela 4 - Estabilidade do slurry EC2 ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C**

		8 dias	15 dias	21 dias	30 dias
EC2	Tamb.	Algum ar; sem sedimento; homogéneo.	Sem ar; sem sedimento; homogéneo.	Sem ar; sem sedimento; homogéneo.	Sem ar; sem sedimento; homogéneo.
	50 °C	Sem ar; sem sedimento; homogéneo.	Sem ar; sem sedimento; homogéneo.	Sem ar; sem sedimento; homogéneo.	Sem ar; sem sedimento; homogéneo.

Analisando a Tabela 4 verifica-se que o *slurry* EC2 em termos comportamentais é muito semelhante a EC1 exceto nos primeiros 8 dias à *Tamb.*, onde se verificava a presença de algum ar. Este ar foi-se libertando com o decorrer do tempo.

**Tabela 5 - Estabilidade do slurry C1 ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C**

		8 dias	15 dias	21 dias	30 dias
C1	Tamb.	Sinérese; fácil homogeneização.	Sinérese; mistura “pegajosa”; fácil homogeneização.	Sinérese; mistura “pegajosa” e viscosa; homogeneização intermédia.	Sinérese; mistura “pegajosa” e viscosa; homogeneização intermédia.
	50 °C	Sinérese; fácil homogeneização.	Sinérese; mistura muito “pegajosa”; fácil homogeneização.	Sinérese; mistura “pegajosa” e viscosa; homogeneização intermédia.	Sinérese; mistura “pegajosa” e viscosa; homogeneização intermédia.

Na Tabela 5 encontram-se alguns dados relativos à estabilidade do *slurry* C1 durante 30 dias à *Tamb.* e a 50 °C. Verificou-se que as alterações que foram ocorrendo ao longo do tempo se deram no mesmo sentido para as duas temperaturas. A formação de sinérese deu-se logo no início do período de estabilidade, mantendo-se até ao final do mesmo. Ao longo do tempo foi-se verificando uma maior dificuldade em homogeneizar o *slurry* mas, apesar desse facto, foi sempre possível obter uma mistura homogénea por agitação manual.

**Tabela 6 - Estabilidade do slurry P1 ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C**

		8 dias	15 dias	21 dias	30 dias
P1	Tamb.	Aspeto tixotrópico	Aspeto tixotrópico; muito ar; alguma sedimentação; fácil homogeneização.	Aspeto tixotrópico; fácil homogeneização.	Mistura muito viscosa.
	50 °C	Aspeto muito duro, necessário agitação a 1000 rpm para ficar fluído.	Aspeto muito duro, necessário agitação a 1000 rpm para ficar fluído.	Aspeto muito duro, necessário agitação a 1000 rpm para ficar fluído.	Mistura muito viscosa.

Relativamente à estabilidade do *slurry* P1, os dados encontram-se na Tabela 6. Verificou-se que ao longo do tempo e em ambas as temperaturas não há ocorrência de sinérese.

Ao longo dos 30 dias, a 50 °C verifica-se que o produto se apresenta de difícil homogeneização e necessita de forças mais elevadas para se conseguir um produto final homogéneo. À temperatura ambiente verifica-se que o produto apresenta um aspeto tixotrópico, o que significa que em repouso apresenta uma viscosidade elevada, mas com agitação torna-se muito fluído. No final dos 30 dias, em ambas as situações, verificou-se um aumento de viscosidade. Este *slurry*, devido ao seu comportamento em estabilidade acelerada, seria recomendável ser colocado sob agitação constante.

**Tabela 7 - Estabilidade do slurry P1a ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C**

		8 dias	15 dias	21 dias	30 dias
P1a	Tamb.	Muito ar; Fácil homogeneização.	Muito ar; Aspeto fluído (normal).	Aspeto fluído; Fácil de homogeneizar.	Mistura muito viscosa.
	50 °C	Muito ar; Aspeto tixotrópico.	Muito ar; Aspeto tixotrópico.	Aspeto fluído; Alguma sedimentação, mas fácil de homogeneizar.	Mistura muito viscosa.

Em relação ao *slurry* P1a, pela análise da Tabela 7, verifica-se que até 15 dias após o fabrico ainda é visível a presença de ar. Como no caso anterior, *slurry* P1, verifica-se que, em

ambas as temperaturas, ocorre um aumento da viscosidade. Devido ao aumento de viscosidade ao longo do tempo, seria recomendável que este *slurry* fosse produzido consoante a necessidade de consumo.

**Tabela 8 - Estabilidade do *slurry* P2 ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C**

		8 dias	15 dias	21 dias	30 dias
P2	Tamb.	Alguma sinérese e sedimentação; fácil homogeneização.	Sinérese; Aspeto tixotrópico.	Sinérese; muita sedimentação; difícil de homogeneizar.	Sinérese; Muita sedimentação; Difícil de homogeneizar.
	50 °C	Sinérese; Aspeto tixotrópico.	Sinérese; Aspeto tixotrópico.	Sinérese; muita sedimentação; difícil de homogeneizar.	Sinérese; Muita sedimentação; Difícil de homogeneizar.

Voltando-nos agora para o dióxido de titânio B, encontramos na Tabela 8 os dados relativos à estabilidade do *slurry* P2. Em primeiro lugar verifica-se que a evolução ocorre no mesmo sentido ao longo do tempo para ambas as temperaturas. Com os dados presentes na Tabela 8 conclui-se que este *slurry* apresenta bastante sedimento difícil de homogeneizar a partir do 21º dia, tanto à temperatura ambiente como a 50 °C o que, mais uma vez, indica que este *slurry* deveria estar sujeito a constante agitação de forma a não formar sedimento.

**Tabela 9 - Estabilidade do *slurry* P2a ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C**

		8 dias	15 dias	21 dias	30 dias
P2a	Tamb.	Alguma sinérese; Aspeto tixotrópico.	Alguma sinérese e sedimentação; Aspeto tixotrópico	Alguma sinérese; aspeto tixotrópico.	Sinérese; Aspeto tixotrópico.
	50 °C	Alguma sinérese; Aspeto tixotrópico.	Aspeto tixotrópico.	Alguma sinérese; Aspeto tixotrópico; Alguma sedimentação; Fácil homogeneização.	Sinérese; Aspeto tixotrópico.

Relativamente ao *slurry* do contratipo do titânio B, o *slurry* P2a, verificamos que a evolução ao longo dos 30 dias se deu no mesmo sentido para ambas as temperaturas, como podemos verificar pela análise da Tabela 9. Apesar deste *slurry* ser considerado contratipo do

*slurry* P2, verifica-se que tem um comportamento distinto, é mais estável. Ao fim de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C, este *slurry* apresenta um comportamento tixotrópico e facilmente homogeneizável, sendo por isso considerado mais estável.

#### 4.2. Desenvolvimento e caracterização das tintas com *slurries* incorporados

Após o fabrico e caracterização dos *slurries* procedeu-se à sua incorporação nas tintas selecionadas. As tintas fabricadas por produção modular serão designadas por Tinta Económica 1 (E1), Tinta Económica 2 (E2), Tinta Interior/Exterior 1 (IE1) e Tinta Interior/Exterior 2 (IE2) e os padrões, fabricados pelo método convencional, por P<sub>E1</sub>, P<sub>E2</sub>, P<sub>IE1</sub> e P<sub>IE2</sub>. O “A” ou “B” assinalados à frente de cada nomenclatura dizem respeito às diferentes versões da mesma tinta. No caso das Tintas Interior/Exterior 1 e 2, ambas foram reproduzidas em branco e numa base tintométrica, portanto colocar-se-á o número 1, nos casos em que se trata do branco, e o número 8, nos casos em que se trata da base tintométrica.

As formulações das tintas foram ajustadas de forma a que a introdução dos *slurries* não alterasse a percentagem de sólidos, o PVC, o PVC crítico e a restante composição quantitativa da tinta.

Na Tabela 10 estão descritos os *slurries* incorporados em cada tinta.

**Tabela 10** - *Slurries* incorporados nas tintas

Tinta	E1A	E1B	E2A	E2B	IE1A-1 IE1A-8	IE1B-1 IE1B-8	IE2A-1 IE2A-8	IE2B-1 IE2B-8
<i>Slurries</i> incorporados	C2	C2, EC1	EC1, P1	EC1, P1a	EC2, C1, C2, P2	EC2, C1, C2, P1	EC2, C1, C2, P2	EC2, C1, C2, P1

O *slurry* P2a, devido a questões comerciais, apesar de desenvolvido e caracterizado não chegou a ser incorporado nas tintas estudadas e apresentadas neste projeto.

Importa referir que os *slurries* de carga e pigmentos incorporados nas tintas, antes de serem incorporados, eram submetidos a agitação em giroscópio durante 2 minutos com o intuito de serem homogeneizados o melhor possível.

#### 4.2.1. Caracterização da Tinta Económica 1

Foram efetuadas duas versões da tinta E1 com *slurries* de forma a termos uma versão que rapidamente pudesse ser produzida em fábrica usando apenas o *slurry* já comprado pela empresa (Tinta E1A), e noutra versão, para além do *slurry* C2, incorporamos também o *slurry* de espessante (Tinta E1B) eliminado assim a necessidade de dispersão do produto.

Durante o processo de otimização da tinta E1 (Anexo I, Tabela A1) foram tidos em conta diversos parâmetros como o pH, a viscosidade *stormer*, a viscosidade de cone e prato, a opacidade seca, a massa volúmica, a brancura, o amarelecimento e o brilho.

Na Tabela 11 encontra-se o valor dos parâmetros de otimização da tinta E1A, E1B e respetivo padrão.

*Tabela 11 - Caracterização da tinta E1A, E1B e respetivo padrão*

Características	Unidades	PE1	Tinta E1A	Tinta E1B
Aspeto físico	-	2	2	2
Aspeto película	-	2	2	2
Massa volúmica	g/mL	1,537	1,551	1,512
pH	U. pH	9,0	9,1	9,0
Opacidade seca	%	85,6	86,9	87,5
Viscosidade <i>stormer</i>	U.K.	110	116	113
Viscosidade cone e prato	Pa.s	0,14	0,15	0,17
Brilho 85°	u. b.	2,9	2,9	3,2
Índice de brancura ( $W_i$ )	%	83,5	84,8	85,5
Índice de amarelecimento ( $Y_i$ )	%	2,8	2,5	2,3

Da análise da Tabela 11 conclui-se que ambas as versões são semelhantes ao padrão na generalidade das características. No entanto, em relação ao padrão, ambas as versões têm um aumento em termos de brancura e opacidade bem como uma diminuição no amarelecimento. Estas diferenças não prejudicam a qualidade do produto final.

Na Tabela 12 estão descritos os resultados obtidos no ensaio de aplicação a rolo, das tintas PE1, E1A e E1B.

**Tabela 12 - Avaliação da aplicação, em placas de gesso cartonado das tintas E1A, E1B e respetivo padrão**

<b>Características</b>	<b>PE1</b>	<b>E1A</b>	<b>E1B</b>
Aplicabilidade	4	4	4
Opacidade seca	2,5	2,5	2,5
Brancura	2,5	3	3
Espalhamento	3	3	3
Emendas	3,5	3,5	3,5
Retoques	2	2	2

Através da análise da Tabela 12, observa-se que a avaliação de todas as características é muito semelhante para as duas versões, E1A e E1B, comparativamente com o padrão. Apenas se verifica diferenças na brancura, sendo que esta é superior em ambas as versões.

Os resultados do ensaio de estabilidade acelerada encontram-se descritos na Tabela 13.

**Tabela 13 - Resultados obtidos após o ensaio de estabilidade acelerada das tintas PE1, E1A e E1B**

<b>Características</b>	<b>Unidades</b>	<b>PE1</b>	<b>Tinta E1A</b>	<b>Tinta E1B</b>
Aspetto físico	-	2	2	2
Aspetto película	-	2	2	2
Massa volúmica	g/mL	1,542	1,557	1,556
pH	U. pH	7,9	7,8	7,8
Opacidade seca	%	85,2	86,4	85,1
Viscosidade <i>stormer</i>	U.K.	129	133	> 140
Viscosidade cone e prato	Pa.s	0,1	0,16	0,14
Brilho 85°	u. b.	3,8	3,2	3,7
Índice de brancura ( $W_i$ )	%	84,8	84,1	85,4
Índice de amarelecimento ( $Y_i$ )	%	2,5	2,7	2,4

Por comparação com a caracterização após o fabrico, representada na Tabela 11, verifica-se que a característica que teve uma maior alteração, aumento, após 30 dias a 50 °C, foi a viscosidade *stormer*. A Tinta E1B apesar de ter uma viscosidade superior a 140 UK, e por isso não ser possível efetuar a medição, apresenta um aspeto físico correto e homogéneo. O aumento de viscosidade também ocorreu no padrão, por isso, conclui-se que não é a presença de *slurries* que provoca este aumento. As restantes características mantiveram

valores bastante próximos antes e após a estabilidade, como podemos verificar ao comparar as Tabelas 11 e 13.

#### 4.2.2. Caracterização da Tinta Económica 2

Nesta tinta foram também produzidas duas versões onde foi efetuada a substituição do espessante celulósico pelo respetivo *slurry*, EC1, e do pigmento – o dióxido de titânio A, pelo seu *slurry*, P1.

O dióxido de titânio A possui, na empresa, diversos contratipos. Assim sendo, pretende verificar-se se, como *slurry* os diferentes contratipos de dióxidos de titânio também podem ser assim classificados. Foram então produzidas duas versões, E2A e E2B, em que a diferença entre elas é o *slurry* de dióxido de titânio. A versão E2A usa um *slurry* de dióxido de titânio A (P1) e a versão E2B usa um *slurry* de um contratipo do dióxido de titânio de A (P1a).

Na Tabela 14 encontram-se os resultados da otimização da tinta E2A e E2B e respetivo padrão.

**Tabela 14** -Caracterização da tinta E2A, E2B e respetivo padrão

Características	Unidades	PE2	Tinta E2A	Tinta E2B
Aspeto físico	-	2	2	2
Aspeto película	-	2	2	2
Massa volúmica	g/mL	1,541	1,522	1,507
pH	U. pH	8,9	8,5	8,2
Opacidade seca	%	88,9	88,4	88,8
Viscosidade <i>stormer</i>	U.K.	111	105	109
Viscosidade cone e prato	Pa.s	0,14	0,15	0,12
Brilho 85°	u. b.	2,9	3,0	2,7
Índice de brancura ( $W_i$ )	%	81,5	85,3	85,6
Índice de amarelecimento ( $Y_i$ )	%	3,0	2,1	2,1

Pela análise da Tabela 14 podemos concluir que ambas as versões são muito semelhantes ao padrão em todas as características, exceto no índice de brancura e amarelecimento. Neste caso, ambas as versões possuem uma maior brancura e menor

amarelecimento do que o padrão, no entanto, como já vimos em casos anteriores, isto não é prejudicial para a qualidade do produto final.

Concluimos, ainda, que o dióxido de titânio de A e o seu contratipo, mesmo usados como *slurry* continuam a funcionar como contratipos.

Após otimização das versões produzidas (Anexo I, Tabela A2) tendo em conta o pH, a viscosidade *stormer*, a massa volúmica, o índice de amarelecimento e de brancura e a opacidade, foi efetuada a caracterização exaustiva das mesmas bem como do respetivo padrão. Os resultados desta caracterização encontram-se na Tabela 15.

**Tabela 15 - Caracterização exaustiva das tintas E2A e E2B e respetivo padrão**

<b>Características</b>	<b>Unidades</b>	<b>PE2</b>	<b>Tinta E2A</b>	<b>Tinta E2B</b>
Rendimento 98 %	m <sup>2</sup> /L	5,1	5,6	5,6
Fissuração <i>Mudcracking</i> <sup>1</sup>	-	5	5	5
Resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos	-	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração
Manchamento prático	-	0,9	0,9	0,9
Resistência de uma película às cinzas	-	$\Delta E$ antes lavagem = 2,9 $\Delta E$ após lavagem = 0,3	$\Delta E$ antes lavagem = 2,4 $\Delta E$ após lavagem = 0,5	$\Delta E$ antes lavagem = 2,7 $\Delta E$ após lavagem = 0,4
Resistência de uma tinta à amónia <sup>2</sup>	-	1 R	1 R	1 R
Resistência de uma tinta à água <sup>2</sup>	-	10 S	10 S	10 S

Analisando a Tabela 15, verifica-se que na generalidade dos resultados, os valores alcançados são semelhantes nas duas versões produzidas para o padrão.

Relativamente ao rendimento a 98 %, verifica-se que as versões de tinta com *slurries* incorporados, E2A e E2B, possuem um rendimento ligeiramente superior ao padrão, PE2.

As películas de tinta permaneceram isentas de fissuração e enrugamento, no ensaio de fissuração *Mudcracking*, tanto nas versões de tinta com os *slurries* incorporados, como no respetivo padrão.

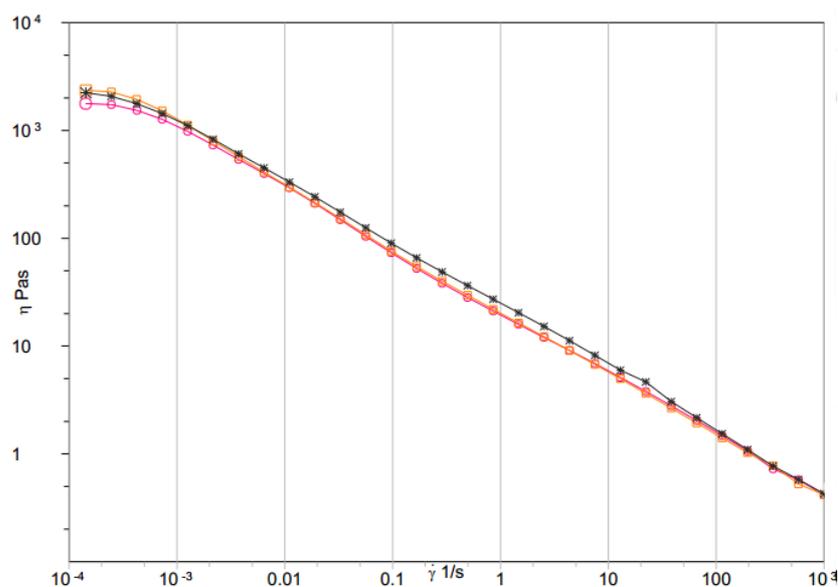
Relativamente ao ensaio de resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos, não foram verificadas diferenças entre os provetes do ensaio, não havendo em nenhuma das situações qualquer alteração à película. Conclui-se, assim, que as tintas E2A e E2B, bem como o respetivo padrão, são resistentes à alcalinidade. Na Figura 10, do Anexo III encontra-se uma fotografia representativa deste ensaio, onde se tem o provete deixado como testemunho e o provete sujeito a ensaio.

No ensaio de manchamento prático, a película de tinta, nas três situações, não apresenta grande capacidade de remoção das nódoas, ficando a notar-se na película nódoas como batom e graxa.

No ensaio de resistência às cinzas é lida a diferença de cor no espectrofotómetro,  $\Delta E$ , antes e depois da lavagem das cinzas com água corrente. Verifica-se, pela Tabela 14, que antes e após a lavagem a diferença de cor lida é semelhante entre a tinta E2A, E2B e PE2, significando por isso que as versões E2A e E2B e o padrão possuem retenções de sujidade semelhantes.

Relativamente à resistência da película de tinta à amónia e à água, as três tintas possuem resistências semelhantes.

Para além das características acima descritas foi ainda determinada a reologia relativa às tintas PE2, E2A e E2B. Os resultados estão representados na Figura 5.



**Figura 5** - Estudo da viscosimetria nas películas de tinta PE2 (preto), E2A (cor de rosa) e E2B (cor de laranja) (reproduzido de um programa da empresa).

De acordo com a Figura 5 conclui-se que as três tintas possuem comportamentos reológicos semelhantes uma vez que apresentam curvas praticamente coincidentes é expectável que elas possuam uma performance semelhante, o que corrobora os resultados apresentados na Tabela 15.

Na Tabela 16 estão descritos os resultados das características estudadas durante o ensaio de aplicação a rolo, das tintas PE2, E2A e E2B.

*Tabela 16 - Avaliação da aplicação, em placas de gesso cartonado das tintas E2A, E2B e respetivo padrão*

<b>Características</b>	<b>PE2</b>	<b>E2A</b>	<b>E2B</b>
Aplicabilidade	4	4	4
Opacidade seca	2,5	2	2,5
Brancura	3	3,5	3,5
Espalhamento	3	3	3
Emendas	3	3	3
Retoques	2	2	2,5

Através da análise da Tabela 17, observa-se que a avaliação de todas as características é semelhante para as duas versões, E2A e E2B, comparativamente com o padrão. Verifica-se apenas uma melhoria na brancura de ambas as versões, relativamente ao padrão.

Os resultados do ensaio de estabilidade acelerada encontram-se descritos na Tabela 17.

Por comparação com a caracterização após o fabrico, representada na Tabela 14, verifica-se que as características que mais sofreram alteração após 30 dias a 50 °C, foram a viscosidade *stormer* e o pH, no entanto estas alterações deram-se na mesma proporção que no padrão. As restantes características mantiveram valores bastante próximos antes e após a estabilidade, como podemos verificar ao comparar as Tabelas 14 e 17.

**Tabela 17 - Resultados obtidos após o ensaio de estabilidade das tintas P<sub>E2</sub>, E2A e E2B**

Características	Unidades	P <sub>E2</sub>	Tinta E2A	Tinta E2B
Aspeto físico	-	2	2	2
Aspeto película	-	2	2	2
Massa volúmica	g/mL	1,569	1,571	1,537
pH	U. pH	7,8	7,9	7,7
Opacidade seca	%	90,1	90,5	90,4
Viscosidade <i>stormer</i>	U.K.	125	112	126
Viscosidade cone e prato	Pa.s	0,16	0,13	0,12
Brilho 85°	u. b.	3,2	3,2	3,1
Índice de brancura ( <i>Wi</i> )	%	84,6	84,7	84,6
Índice de amarelecimento ( <i>Yi</i> )	%	2,7	2,7	2,7

#### 4.2.3. Caracterização da Tinta Interior/Exterior 1

A tinta interior e exterior 1 foi reproduzida em branco e numa base tintométrica. Em primeiro lugar abordar-se-á todos os resultados relativamente ao branco e, posteriormente, os resultados da base tintométrica.

Em ambos os casos, branco e base tintométrica, serão efetuadas duas versões com *slurries* onde a única diferença é o *slurry* de pigmento – dióxido de titânio B ou dióxido de titânio A.

Originalmente esta tinta é fabricada com o dióxido de titânio B, no entanto, por motivos comerciais a empresa pretende utilizar o dióxido de titânio A em todas as formulações, permitindo assim ter maior flexibilidade de compra. A substituição do titânio B pelo A não é direta uma vez que a quantidade de TiO<sub>2</sub> de cada uma das matérias-primas é diferente assim como absorção de óleo e a própria tonalidade do pigmento. Devido a estas diferenças, houve a necessidade de ajustar a formulação de forma a conseguirmos obter uma tonalidade e opacidade semelhante ao padrão.

##### 4.2.3.1. Branco

Foram efetuadas duas versões desta tinta, como já foi referido, onde foi substituído o espessante pelo respetivo *slurry*, EC2, o talco pelo respetivo *slurry*, C1 e, ainda, o pigmento

pelo *slurry* de dióxido de titânio B (P2) ou dióxido de titânio A (P1), respetivamente designadas por tinta IE1A-1 e IE1B-1. Importa referir que o *slurry* C2 já entra como matéria-prima na formulação original da tinta.

Na Tabela 18 encontram-se os resultados da otimização da tinta IE1A-1, IE1B-1 e respetivo padrão.

Pela análise da Tabela 18 verifica-se que o padrão é muito semelhante à versão IE1A-1. Este resultado está de acordo com o esperado uma vez que as reproduções são com o mesmo pigmento, o dióxido de titânio B, havendo apenas substituição de algumas matérias primas pelos seus respetivos *slurries*.

**Tabela 18 - Caracterização da tinta IE1A-1, IE1B-1 e respetivo padrão**

Características	Unidades	PIE1-1	Tinta IE1A-1	Tinta IE1B-1
Aspeto físico	-	2	2	2
Aspeto película	-	2	2	2
Massa volúmica	g/mL	1,341	1,334	1,321
pH	U. pH	8,9	8,8	9,0
Opacidade seca	%	96,0	95,4	94,5
Viscosidade <i>stormer</i>	U.K.	109	113	105
Viscosidade cone e prato	Pa.s	0,15	0,15	0,10
Índice de brancura ( $W_i$ )	%	82,6	82,3	85,5
Índice de amarelecimento ( $Y_i$ )	%	2,8	2,7	1,6

Relativamente à versão IE1B-1 (reprodução com *slurry* de titânio A), comparando-a com o padrão verifica-se que as principais diferenças destas duas tintas ocorrem em termos de opacidade e cor (brancura e amarelecimento). A tinta IE1B-1 possui maior brancura do que o padrão bem como um menor amarelecimento, no entanto já foi referido anteriormente que este aumento em termos do índice de brancura e diminuição no índice de amarelecimento não é prejudicial para a qualidade do produto final.

Relativamente à opacidade verifica-se uma diminuição na tinta IE1B-1 comparativamente com o padrão, mantendo-se, contudo, dentro do intervalo especificado para a tinta em questão (94 – 96 %).

Após otimização das versões produzidas (Anexo I, Tabela A 3), tendo em conta o pH, a viscosidade *stormer*, a massa volúmica, o índice de amarelecimento e de brancura e a

opacidade, foi efetuada a caracterização exaustiva das mesmas bem como do respectivo padrão. Os resultados desta caracterização encontram-se na Tabela 19.

**Tabela 19 - Caracterização exaustiva das tintas IE1A-1 e IE1B-1 e respectivo padrão**

Características	Unidades	PIE1-1	Tinta IE1A-1	Tinta IE1B-1
Temperatura Mínima de Formação de Película	°C	< 0	< 0	< 0
Tensão de Película	-	2	2	3
Rendimento 98 %	m <sup>2</sup> /L	8,2	7,3	7,1
Resistência à fissuração para espessuras elevadas	µm	800	800	850
Fissuração <i>Mudcracking</i>	-	5	5	5
<i>Blocking</i>	-	24 h – 1 7 d – 1	24 h – 1 7 d – 1	24 h – 1 7 d – 1
Resistência às cinzas	-	$\Delta E$ antes lavagem = 4,2 $\Delta E$ após lavagem = 1,2	$\Delta E$ antes lavagem = 1,8 $\Delta E$ após lavagem = 0,9	$\Delta E$ antes lavagem = 4,2 $\Delta E$ após lavagem = 0,6
<i>Surfactant leaching</i>	-	1 / 0 / 0	1 / 0 / 0	1 / 0 / 0
<i>Snail trails</i>	-	2 / 2 / 2 / 2	2 / 2 / 2 / 2	2 / 2 / 2 / 2
Resistência à amónia	-	0	0	0
Resistência à água	-	10	10	10
Resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos	-	Sem alteração.	Sem alteração.	Sem alteração.
Polimento prático	% de variação de brilho	<b>Polimento seco:</b> 11,5 <b>Polimento húmido:</b> 15,4	<b>Polimento seco:</b> 8,0 <b>Polimento húmido:</b> 24,0	<b>Polimento seco:</b> 7,4 <b>Polimento húmido:</b> 11,1
Manchamento prático	-	1,2	1,0	0,9
Brilho (85°)	u. b.	2,8	2,4	2,2
Resistência à esfrega húmida e da lavabilidade de revestimentos por pintura	µm secos	3,6 – Classe 1	3,8 – Classe 1	6,3 – Classe 2

No ponto 3.1.31. desta dissertação foi dito que a temperatura mínima de formação de película – TMFP – corresponde à temperatura limite acima da qual se forma uma película homogênea sem fissuração nem farinação. Verifica-se que todas as tintas formam película à temperatura de 0 °C não havendo, por isso, a necessidade de efetuar qualquer ajuste à fórmula.

Relativamente ao ensaio de tensão de película, a versão IE1B-1 possui uma maior curvatura, apresentando maior tensão de película. Já a versão IE1A-1 apresenta uma curvatura semelhante ao padrão.

Em relação ao rendimento a 98 % verifica-se que ambas as versões IE1A-1 e IE1B-1 possuem valores inferiores ao padrão. Uma vez que este ensaio indica a área aplicada com um litro de tinta para uma opacidade seca de 98 % esta diferença é coerente com os valores de opacidade apresentados na Tabela 18. Pois, como os valores de opacidade das duas versões são menores do que o padrão, é necessária uma maior quantidade de tinta para obter a mesma opacidade e, portanto, é possível aplicar uma menor área com um litro de tinta.

Relativamente à resistência à fissuração para espessuras elevadas, verifica-se que ambas as versões possuem resistência semelhante ao padrão.

Ambas as versões reproduzidas, bem como o padrão, mostraram ser resistentes a espessuras elevadas com secagem a baixas temperaturas e não apresentaram fissuração nem enrugamento no ensaio de *Mudcracking*.

No ensaio de *blocking* verifica-se que tanto para 1 dia como para 7 dias de ensaio as películas de tinta de ambas versões, bem como do padrão, não apresentaram pegajosidade.

Relativamente ao ensaio de resistência de uma película de tinta às cinzas verifica-se que antes da lavagem a diferença de cor lida é semelhante entre o padrão e a versão IE1B-1, no caso da versão IE1A-1, comparando-a com o padrão, a diferença de cor é menor. No entanto, após a lavagem, a diferença de cor das duas versões é menor do que no caso do padrão, apresentando por isso menor capacidade de retenção de sujidade.

Os resultados dos ensaios de *surfactant leaching* foram os mesmos para as três tintas reproduzidas. De acordo com o descrito em 3.1.25, as películas de tinta não sofreram alteração, sendo assim resistentes à lixiviação de surfactantes.

Os resultados dos ensaios de *snail trails* são semelhantes para as três películas de tinta e verifica-se que em nenhuma película se evidencia qualquer tipo de alteração após o ensaio, sendo este resultado coerente com obtidos no ensaio de *surfactant leaching*.

Relativamente à resistência da película de tinta à água e à amónia, as três tintas possuem resistências semelhantes. Estão isentos de empolamento ao final de 10 minutos em contacto com a água, mas apresentam empolamento imediatamente a seguir ao contacto com a amónia.

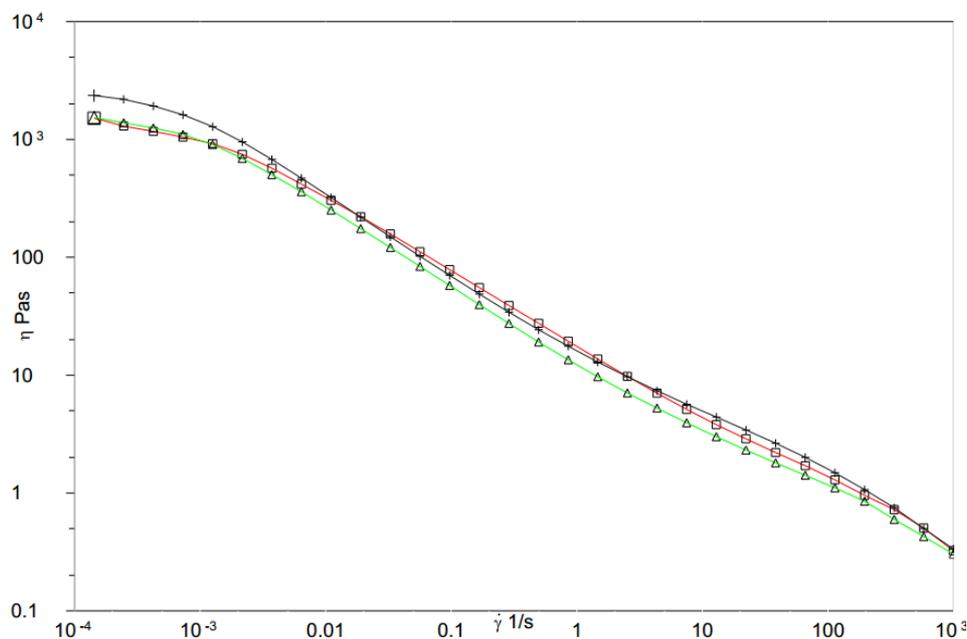
Terminado o período de ensaio dos álcalis dos ligantes hidráulicos, verificou-se que os provetes de argamassa aplicados tanto com as duas versões como com o padrão não apresentaram qualquer alteração em relação ao provete deixado como testemunho. Assim, concluiu-se que ambas as tintas reproduzidas são resistentes aos álcalis dos ligantes hidráulicos.

No ensaio do polimento prático, onde foi calculada a percentagem de variação de brilho, verificou-se que tanto para o polimento em húmido, como para o polimento em seco, há uma menor variação de brilho nas tintas IE1B-1 relativamente ao padrão. No caso da tinta IE1A-1, no polimento em seco a variação é menor do que o padrão, no entanto no polimento em húmido a variação é maior do que o padrão.

No ensaio de manchamento prático verifica-se, pelo resultado, que em algumas nódoas usadas se obteve manchamento da película mesmo após a remoção com detergente neutro, não sendo possível removê-las na totalidade, ficando a notar-se na película nódoas como batom, graxa, caneta e marcador. Para além deste resultado, pode concluir-se que no padrão há um maior número de nódoas que não se consegue remover do que nas versões com *slurries* incorporados.

Relativamente ao ensaio de resistência à esfrega e lavabilidade de revestimentos por pintura verifica-se que a classe da versão IE1A-1 é a mesma que o padrão – classe 1. No entanto, no caso da versão IE1B-1 a classe aumenta, passando para classe 2, ou seja, aumenta a perda de espessura. Este aumento pode ser explicado pela introdução da carga resultante da troca do dióxido de titânio B pelo dióxido de titânio A e, também, pela introdução de outros dispersantes (presentes na formulação dos *slurries*).

Para além das características acima descritas foi ainda determinada a reologia relativa às tintas P<sub>IE1-1</sub>, IE1A-1 e IE1B-1. Os resultados estão representados na Figura 6.



**Figura 6** - Estudo da viscosimetria nas películas de tinta P<sub>IE1-1</sub> (cor-de-rosa), IE1A-1 (preto) e IE1B-1 (verde) (reproduzido de um programa da empresa).

As reologias realizadas às três tintas foram efetuadas com o intuito de comparar o comportamento reológico entre elas. Através da análise do gráfico, representado na Figura 6, verifica-se que as curvas obtidas são semelhantes e, por isso, é expectável que as tintas possuam performances semelhantes.

Na Tabela 20 estão descritos os resultados das características estudadas durante o ensaio de aplicação e avaliação de uma tinta quando aplicada a tolo, das tintas P<sub>IE1-1</sub>, IE1A-1 e IE1B-1.

**Tabela 20** - Avaliação da aplicação, em placas de gesso cartonado das tintas IE1A-1, IE1B-1 e respetivo padrão

Características	P <sub>IE1-1</sub>	IE1A-1	IE1B-1
Aplicabilidade	4	3	4
Opacidade seca	3	3	2,5
Brancura	3	3	3
Espalhamento	3	3	3,5
Emendas	3	3	3
Retoques	3	3	3

Através da análise da Tabela 20, observa-se que a avaliação de todas as características, de uma forma geral, é semelhante para as duas versões, IE1A-1 e IE1B-1, comparativamente

com o padrão. Verifica-se uma diminuição ligeira em termos de opacidade e melhoria no espalhamento na versão IE1B-1, comparativamente ao padrão.

Os resultados do ensaio de estabilidade acelerada encontram-se descritos na Tabela 21.

**Tabela 21** - Resultados obtidos após o ensaio de estabilidade das tintas  $P_{IE1-1}$ , IE1A-1 e IE1B-1

Características	Unidades	$P_{IE1-1}$	Tinta IE1A-1	Tinta IE1B-1
Aspetto físico	-	2	2	2
Aspetto película	-	2	2	2
Massa volúmica	g/mL	1,350	1,346	1,327
pH	U. pH	8,2	8,1	8,2
Opacidade seca	%	94,9	93,1	91,2
Viscosidade <i>stormer</i>	U.K.	108	111	100
Viscosidade cone e prato	Pa.s	0,14	0,14	0,11
Brilho 85°	u. b.	2,3	2,5	1,9
Índice de brancura ( $W_i$ )	%	81,3	81,5	84,5
Índice de amarelecimento ( $Y_i$ )	%	3,2	3,1	1,9

Por comparação com a caracterização após o fabrico, representada na Tabela 18, verifica-se que várias características sofreram alteração após 30 dias a 50 °C, no entanto estas alterações deram-se na mesma proporção que no padrão podendo, por isso, concluir-se que não é a presença de *slurries* ou a substituição do titânio B que provoca estas alterações.

#### 4.2.3.2. Base tintométrica

Como já foi referido, foram efetuadas duas versões desta tinta onde se substituiu o espessante pelo respetivo *slurry*, EC2, o talco pelo respetivo *slurry*, C1 e, ainda, o pigmento pelo respetivo *slurry* de dióxido de titânio B (P2) ou dióxido de titânio A (P1), respetivamente designadas por tinta IE1A-8 e IE1B-8.

Na Tabela 22 encontram-se os resultados da otimização (Anexo I, Tabela A4) da tinta IE1A-8, IE1B-8 e respetivo padrão.

**Tabela 22 - Caracterização da tinta IE1A-8, IE1B-8 e respetivo padrão**

Características	Unidades	PIE1-8	Tinta IE1A-8	Tinta IE1B-8
Aspeto físico	-	2	2	2
Aspeto película	-	2	2	2
Massa volúmica	g/mL	1,377	1,384	1,367
pH	U. pH	8,8	9,0	8,9
Viscosidade <i>stormer</i>	U.K.	106	105	107
Viscosidade cone e prato	Pa.s	0,13	0,11	0,14
Diferença de cor	$\Delta E$	-	0,4	0,5

Pela análise da Tabela 22 conclui-se que as três tintas são semelhantes e que a diferença de cor, relativamente ao padrão, para a cor estudada é inferior a 0,5 - valor máximo aceitável pelo controlo de qualidade.

Foi efetuada a caracterização exaustiva das versões otimizadas bem como do respetivo padrão. Os resultados desta caracterização encontram-se na Tabela 23.

Em relação à TMFP, verifica-se que o padrão e as duas versões apresentam uma TMFP inferior a 0 °C.

Também para o ensaio de tensão de película, ambas as versões possuem a mesma curvatura e é semelhante ao padrão.

Relativamente à resistência à fissuração para espessuras elevadas, verifica-se que a versão IE1B-8 possui uma resistência ligeiramente menor, comparativamente ao padrão e à versão IE1A-8.

Ambas a versões reproduzidas, bem como o padrão, não apresentaram enrugamento no ensaio de *Mudcracking*.

Relativamente à avaliação da resistência à pegajosidade uma tinta verifica-se que nenhuma das tintas apresentam pegajosidade.

Tendo como foco a capacidade de retenção de sujidade da película de tinta, dada pelo ensaio de resistência da película de tinta às cinzas, verifica-se que as versões reproduzidas pelo método da produção modular apresentam uma menor retenção de sujidade do que o padrão. Este resultado revela que a introdução dos *shurries* não torna a película de tinta mais sensível, não aumentando o risco de reter mais sujidades.

**Tabela 23 - Caracterização exhaustiva das tintas IE1A-8 e IE1B-8 e respetivo padrão**

Características	Unidades	PIE1-8	Tinta IE1A-8	Tinta IE1B-8
Compatibilidade e flutuação de cor de bases	-	2 \ 1	2 \ 1	2 \ 1
Temperatura Mínima de Formação de Película	°C	< 0	< 0	< 0
Tensão de Película	-	1	1	1
Resistência à fissuração para espessuras elevadas	µm	700	700	650
Fissuração <i>Mudcracking</i>	-	5	5	5
<i>Blocking</i>	-	24 h – 1 7 d – 1	24 h – 1 7 d – 1	24 h – 1 7 d – 1
Resistência às cinzas	-	$\Delta E$ antes lavagem = 1,4 $\Delta E$ após lavagem = 0,9	$\Delta E$ antes lavagem = 1,6 $\Delta E$ após lavagem = 0,6	$\Delta E$ antes lavagem = 1,2 $\Delta E$ após lavagem = 0,7
<i>Surfactant leaching</i>	-	2 / 2 / 1	2 / 2 / 2	1 / 1 / 0
<i>Snail Trails</i>	-	2 / 2 / 2 / 2	2 / 2 / 2 / 2	2 / 2 / 2 / 2
Resistência à amónia	-	10	10	10
Resistência à água	-	10	10	10
Resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos	-	Sem alteração.	Sem alteração.	Sem alteração.
Polimento prático	% de variação de brilho	<b>Polimento em seco:</b> 4,0 <b>Polimento em húmido:</b> -4,0	<b>Polimento em seco:</b> 7,7 <b>Polimento em húmido:</b> 3,8	<b>Polimento em seco:</b> 3,8 <b>Polimento em húmido:</b> 7,7
Manchamento prático	-	0,9	0,9	0,9
Brilho (85°)	u. b.	2,4	2,3	2,2
Resistência à esfrega húmida e da lavabilidade de revestimentos por pintura	µm secos	3,9 – Classe 1	2,5 – Classe 1	6,5 – Classe 2

Em relação ao ensaio de resistência à lixiviação dos surfactantes verifica-se que há manchamento nas três situações, ou seja, as películas apresentam uma baixa resistência à lixiviação dos surfactantes. No entanto, este manchamento é menor no caso em que usamos o *slurry* de titânio A.

Os resultados dos ensaios de *snail trails* são semelhantes para as três películas não apresentando manchamento da película ou exsudações.

Pela análise da Tabela 23 é possível auferir, ainda, que as três películas de tinta são resistentes à água e ao amoníaco.

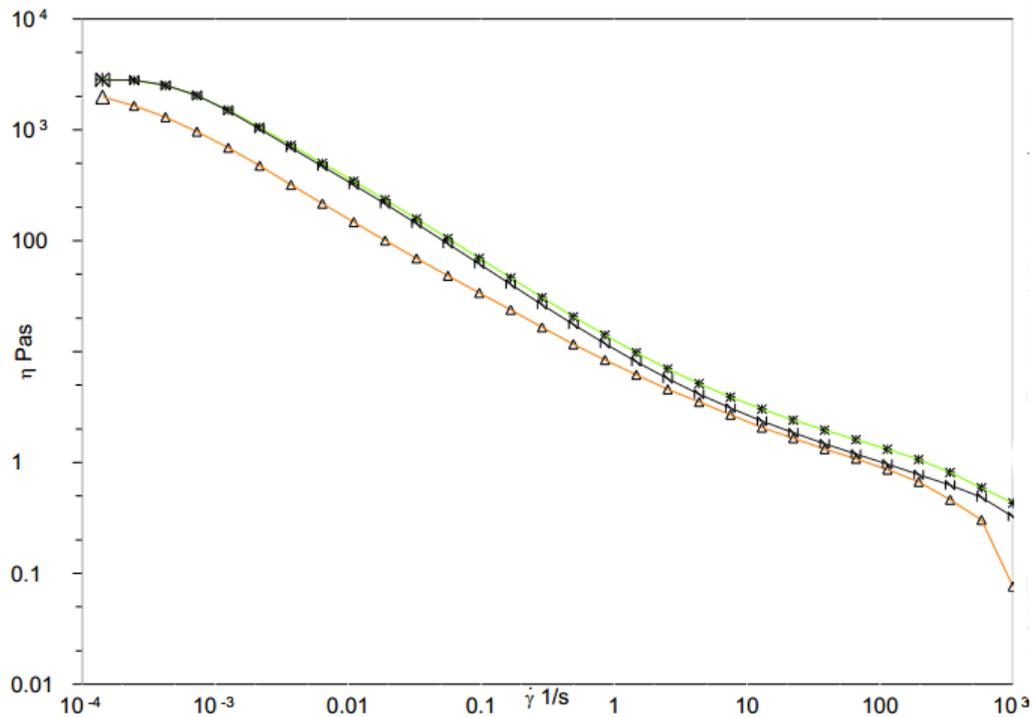
No ensaio dos álcalis dos ligantes hidráulicos verificou-se que os provetes de argamassa aplicados com as três tintas não apresentaram qualquer alteração à película em relação ao provete deixado como testemunho concluindo-se, assim, que são resistentes aos álcalis dos ligantes hidráulicos.

No ensaio do polimento prático verificou-se tanto para o polimento em húmido como para o polimento em seco, os valores para ambas as tintas foram muito similares.

No ensaio de manchamento prático verificou-se que todas as tintas apresentam a mesma facilidade de remoção de nódoas, não sendo por isso, este parâmetro influenciado pela introdução dos *slurries*.

O ensaio de resistência à esfrega e lavabilidade de revestimentos por pintura apresenta resultados coerentes aos da tinta interior/exterior em branco. Assim sendo, verifica-se que a classe da versão IE1A-8 é a mesma que o padrão – classe 1 – e que no caso da versão IE1B-8 a classe aumenta, passando para classe 2, ou seja, aumenta a perda de espessura. Do mesmo modo que na situação anterior, este aumento pode ser explicado pela introdução da carga resultante da troca do dióxido de titânio B pelo dióxido de titânio A e, também, pela introdução de outros dispersantes (presentes na formulação dos *slurries*) que tornam a película mais sensível.

Para além das características acima descritas foi ainda determinada a reologia relativa às tintas P<sub>IE1-8</sub>, IE1A-8 e IE1B-8. Os resultados estão representados na Figura 7.



**Figura 7** - Estudo da viscosimetria nas películas de tinta P<sub>IE1-8</sub> (cor de laranja), IE1A-8 (preto) e IE1B-8 (verde) (reproduzido de um programa da empresa).

Pela análise da Figura 7 conclui-se que as películas de tinta possuem comportamentos reológicos semelhantes. É visível na zona de mais baixas taxas de corte uma viscosidade superior no caso das tintas com *slurries*, no entanto este aumento não prejudica a lacagem ou espalhamento do produto na aplicação prática.

Na Tabela 24 estão descritos os resultados das características estudadas durante o ensaio de aplicação a rolo, das tintas P<sub>IE1-8</sub>, IE1A-8 e IE1B-8.

**Tabela 24** - Avaliação da aplicação, em placas de gesso cartonado das tintas IE1A-8, IE1B-8 e respetivo padrão

Características	P <sub>IE1-8</sub>	IE1A-8	IE1B-8
Aplicabilidade	4	4	4
Opacidade seca	4	4	4
Cor	3	3	3
Espalhamento	4	4	4
Emendas	4	4	4
Retoques	3	2,5	3,5

Através da análise da Tabela 24, observa-se que a avaliação de todas as características, de uma forma geral, é semelhante para as duas versões, IE1A-8 e IE1B-8, comparativamente com o padrão, verificando-se diferenças apenas nos retoques.

Os resultados do ensaio de estabilidade acelerada encontram-se descritos na Tabela 25.

**Tabela 25 - Resultados obtidos após o ensaio de estabilidade das tintas P<sub>IE1-8</sub>, IE1A-8 e IE1B-8**

Características	Unidades	P <sub>IE1-8</sub>	Tinta IE1A-8	Tinta IE1B-8
Aspeto físico	-	2	2	2
Aspeto película	-	2	2	2
Massa volúmica	g/mL	1,393	1,405	1,418
pH	U. pH	7,8	8,5	8,5
Viscosidade <i>stormer</i>	U.K.	119	101	124
Viscosidade cone e prato	Pa.s	0,13	0,08	0,10
Brilho 85°	u. b.	2,2	2,4	2,1
Diferença de cor	$\Delta E$	-	Cor 1 – 0,8	Cor 1 – 0,9

Por comparação com a caracterização após o fabrico, representada na Tabela 22, verifica-se que várias características sofreram alteração após 30 dias a 50 °C, no entanto estas alterações deram-se na mesma proporção que no padrão, por isso pode concluir-se que não é a presença de *slurries* que proporciona estas alterações. A diferença de cor verificada entre o produto antes e após estabilidade é visualmente perceptível. Como já foi referido anteriormente, ao introduzir os *slurries* nas tintas introduzem-se novos dispersantes que influenciam a compatibilidade com os corantes dando origem às diferenças de cor verificadas. Num trabalho futuro deverá otimizar-se a fórmula através da alteração do tipo de dispersante usado ou a quantidade de forma a minimizarmos este problema.

#### 4.2.4. Caracterização da Tinta Interior/Exterior 2

Do mesmo modo que a tinta IE1, a tinta interior e exterior 2, IE2, foi reproduzida em branco e numa base tintométrica, uma base para cores. Em primeiro lugar abordar-se-á todos os resultados relativamente ao branco e, posteriormente, os resultados da base tintométrica.

Relativamente ao pigmento serão estudados dois tipos de dióxido de titânio diferentes pelas razões explicadas em 4.2.3. Por isso, tanto no branco como na base tintométrica serão efetuadas duas versões com *slurries* onde a única diferença é o *slurry* de pigmento – dióxido de titânio B (P2) ou dióxido de titânio A (P1).

#### 4.2.4.1. Branco

Foram efetuadas duas versões desta tinta, como já foi referido, onde foi substituído o espessante pelo respetivo *slurry*, EC2, o talco pelo respetivo *slurry*, C1 e, ainda, o pigmento pelo respetivo *slurry* de dióxido de titânio B (P2) ou dióxido de titânio A (P1), respetivamente designadas por tinta IE2A-1 e IE2B-1.

Na Tabela 26 encontram-se os resultados da otimização (Anexo I, Tabela A5) da tinta IE2A-1, IE2B-1 e respetivo padrão.

**Tabela 26 - Caracterização da tinta IE2A-1, IE2B-1 e respetivo padrão**

Características	Unidades	PIE2-1	Tinta IE2A-1	Tinta IE2B-1
Aspeto físico	-	2	2	2
Aspeto película	-	2	2	2
Massa volúmica	g/mL	1,389	1,392	1,376
pH	U. pH	8,9	8,7	8,8
Opacidade seca	%	95,6	94,8	94,0
Viscosidade <i>stormer</i>	U.K.	110	110	109
Viscosidade cone e prato	Pa.s	0,08	0,09	0,11
Índice de brancura ( $W_i$ )	%	83,2	82,4	87,7
Índice de amarelecimento ( $Y_i$ )	%	2,9	3,3	1,3

Pela análise da Tabela 26 conclui-se que as principais diferenças entre ambas as versões e o padrão ocorrem em termos de opacidade, índice de brancura e amarelecimento.

A versão IE1B-1, reproduzida com o dióxido de titânio A, possui maior índice de brancura e menor índice de amarelecimento comparativamente ao padrão, que não é prejudicial como já vimos no caso da Tinta Interior/Exterior 1. Note-se que já nesta tinta isto aconteceu, ou seja, quando se utilizou o *slurry* de dióxido de titânio A no lugar do dióxido de titânio B o índice de brancura aumentou e o índice de amarelecimento, consequentemente,

diminuiu. Logo, os resultados obtidos para a Tinta Interior/Exterior 2 relativamente aos índices de brancura e amarelecimento são coerentes com os que foram obtidos anteriormente.

Relativamente à opacidade verifica-se que esta diminui em ambas as versões, comparativamente com o padrão, no entanto mantém-se dentro do intervalo especificado para a tinta em questão (94 – 96%).

Foi efetuada a caracterização exaustiva das versões otimizadas bem como do respetivo padrão. Os resultados desta caracterização encontram-se na Tabela 27.

Em relação à compatibilidade e flutuação de cor verifica-se que ambas as tintas reproduzidas com *slurries* bem como o padrão apresentam um bom comportamento, isto é, não apresentam problemas de compatibilidade nem flutuação de cor.

Relativamente à TMFP verifica-se que esta é semelhante para as três tintas.

Focando no ensaio de tensão de película, é possível visualizar que nenhuma das películas apresenta curvatura.

Comparando os resultados do ensaio da resistência à fissuração para espessuras elevadas verifica-se que a tinta padrão possui uma resistência semelhante à versão IE2B-1. No entanto a tinta IE2A-1 possui uma resistência superior.

As três tintas P<sub>IE2-1</sub>, IE2A-1 e IE2B-1 mostraram ser resistentes e não apresentaram fissuração nem enrugamento no ensaio de *Mudcracking*.

No ensaio de *blocking* verifica-se que tanto para 1 dia e 7 dias de ensaios as películas de ambas versões, bem como do padrão, não apresentaram pegajosidade.

Relativamente ao ensaio de resistência de uma película de tinta às cinzas verifica-se que antes da lavagem a diferença de cor lida é semelhante entre o padrão e a versão IE2A-1, no caso da versão IE2B-1, comparando-a com o padrão, a diferença de cor é menor. No entanto, após a lavagem, a diferença de cor das duas versões é menor do que no caso do padrão. Isto significa que a capacidade de retenção da sujidade das tintas IE2A-1 e IE2B-1 é menor do que no padrão, demonstrando mais uma vez que a introdução de *slurries* não tornou a película mais sensível.

**Tabela 27 - Caracterização exhaustiva das tintas IE2A-1 e IE2B-1 e respetivo padrão**

<b>Características</b>	<b>Unidades</b>	<b>PIE2-1</b>	<b>Tinta IE2A-1</b>	<b>Tinta IE2B-1</b>
Temperatura Mínima de Formação de Película	°C	< 0	< 0	< 0
Tensão de Película	-	0	0	0
Rendimento 98 %	m <sup>2</sup> /L	8,1	7,5	7,6
Resistência à fissuração para espessuras elevadas	µm	1300	1800	1500
Fissuração <i>Mudcracking</i>	-	5	5	5
<i>Blocking</i>	-	24 h – 1 7 d – 1	24 h – 1 7 d – 1	24 h – 1 7 d – 1
Resistência às cinzas	-	$\Delta E$ antes lavagem = 1,3 $\Delta E$ após lavagem = 0,4	$\Delta E$ antes lavagem = 1,1 $\Delta E$ após lavagem = 0,3	$\Delta E$ antes lavagem = 0,7 $\Delta E$ após lavagem = 0,3
<i>Surfactant leaching</i>	-	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0
<i>Snail Trails</i>	-	2 / 2 / 2 / 2	2 / 2 / 2 / 2	2 / 2 / 2 / 2
Resistência à amónia	-	10 S	10 S	10 S
Resistência à água	-	10 S	10 S	10 S
Resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos	-	Sem alteração.	Sem alteração.	Sem alteração.
Polimento prático	% de variação de brilho	<b>Polimento em seco:</b> 4,7 <b>Polimento em húmido:</b> 27,9	<b>Polimento em seco:</b> 4,9 <b>Polimento em húmido:</b> 27,9	<b>Polimento em seco:</b> 4,9 <b>Polimento em húmido:</b> 31,7
Manchamento prático		1,4	1,1	1,2
Brilho (85°)	u. b.	4,7	5,5	4,5
Resistência à esfrega húmida	µm secos	10 – Classe 2	8,4 – Classe 2	9,4 – Classe 2

Em relação ao ensaio de resistência à lixiviação dos surfactantes verifica-se que não há manchamento nas três situações, ou seja, as películas são resistentes à lixiviação dos surfactantes

Os resultados dos ensaios de *snail trails* são semelhantes para as três películas não havendo manchamento de cor nem existência de exsudações (manchas de brilho).

Relativamente à resistência da película de tinta à água e à amónia, as três tintas possuem resistências semelhantes e máxima.

Terminado o período de ensaio dos álcalis dos ligantes hidráulicos, verificou-se que os provetes de argamassa aplicados tanto com as duas versões como com o padrão não apresentaram qualquer alteração à película. Assim, concluiu-se que as tintas reproduzidas são resistentes aos álcalis dos ligantes hidráulicos.

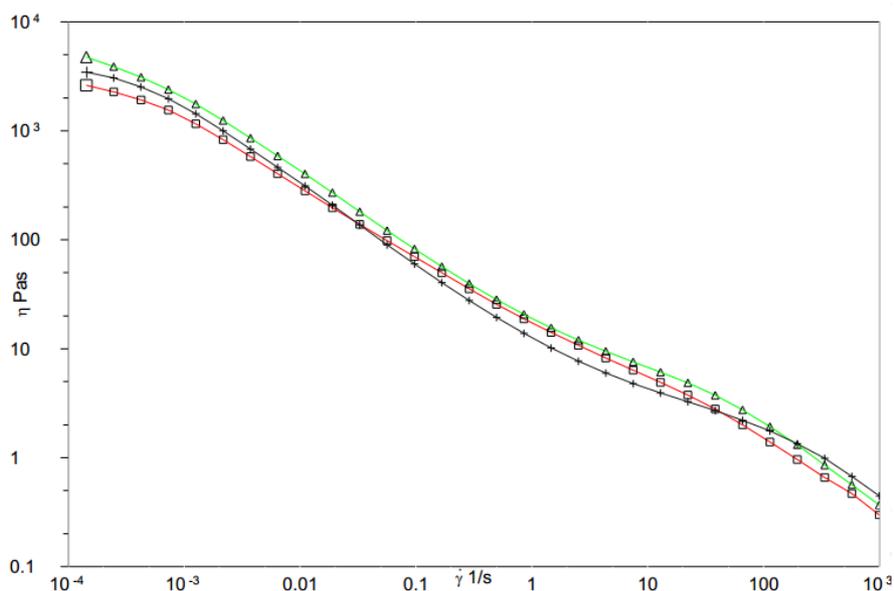
No ensaio do polimento prático verificou-se que para ambos os polimentos os valores se mantêm semelhantes aos respetivos padrões.

No ensaio de manchamento prático verificou-se que as duas versões de tinta com *slurry* apresentam maior facilidade na remoção de nódoas comparativamente ao padrão.

Relativamente ao ensaio de resistência à esfrega e lavabilidade de revestimentos por pintura verifica-se que as três películas de tinta possuem a mesma classe e, por isso, possuem perdas de espessura semelhantes.

Para além das características acima descritas foi ainda determinada a reologia relativa às tintas P<sub>IE1-8</sub>, IE1A-8 e IE1B-8. Os resultados estão representados na Figura 8.

De acordo com a Figura 8 conclui-se que as três tintas possuem comportamentos reológicos semelhantes uma vez que apresentam curvas semelhantes. É visível na zona de mais baixas taxas de corte uma viscosidade superior no caso das tintas com *slurries*, no entanto esse aumento não prejudica a lacagem ou o espalhamento do produto na aplicação prática.



**Figura 8** - Estudo da viscosimetria nas películas de tinta P<sub>IE2-1</sub> (vermelho), IE2A-1 (verde) e IE2B-1 (preto) (reproduzido de um programa da empresa).

Na Tabela 28 estão descritos os resultados das características estudadas durante o ensaio de aplicação a rolo, das tintas P<sub>IE2-1</sub>, IE2A-1 e IE2B-1.

**Tabela 28** - Avaliação da aplicação, em placas de gesso cartonado das tintas IE2A-1, IE2B-1 e respetivo padrão

Características	P <sub>IE2-1</sub>	IE2A-1	IE2B-1
Aplicabilidade	4	4	4
Opacidade seca	3	2	2,5
Cor	2,5	3	3
Espalhamento	3	3	3
Emendas	4	4	4
Retoques	2	2	2

Através da análise da Tabela 28, observa-se que a avaliação de todas as características, de uma forma geral, é semelhante para as duas versões, IE2A-1 e IE2B-1, comparativamente com o padrão, verificando-se diferenças apenas em termos de opacidade e cor.

Os resultados do ensaio de estabilidade acelerada encontram-se descritos na Tabela 29.

**Tabela 29 - Resultados obtidos após o ensaio de estabilidade das tintas P<sub>IE2-1</sub>, IE2A-1 e IE2B-1**

Características	Unidades	P <sub>IE2-1</sub>	Tinta IE2A-1	Tinta IE2B-1
Aspeto físico	-	2	2	2
Aspeto película	-	2	2	2
Massa volúmica	g/mL	1,389	1,394	1,379
pH	U. pH	7,6	7,6	7,5
Opacidade seca	%	95,4	94,6	93,8
Viscosidade <i>stormer</i>	U.K.	112	124	120
Viscosidade cone e prato	Pa.s	0,08	0,09	0,08
Índice de brancura ( <i>Wi</i> )	%	80,5	80,0	85,7
Índice de amarelecimento ( <i>Yi</i> )	%	3,9	3,9	2,1

Por comparação com a caracterização após o fabrico, representada na Tabela 26, verifica-se que várias características sofreram alteração após 30 dias a 50 °C, no entanto estas alterações deram-se na mesma proporção que no padrão, por isso pode concluir-se que não é a introdução de *slurries* que proporciona estas alterações. No entanto, em termos de viscosidade esta sofre um aumento apenas nas versões com *slurries* incorporados. Este resultado pode indicar que a introdução de *slurries* (com todos os aditivos que os compõem) leva a um ligeiro espessamento da tinta.

#### 4.2.4.2. Base tintométrica

Como foi referido anteriormente, efetuaram-se duas versões desta tinta onde se substituiu o espessante pelo respetivo *slurry*, EC2, uma carga – o talco – pelo respetivo *slurry*, C1 e, ainda, o pigmento pelo *slurry* de dióxido de titânio B (P2) ou dióxido de titânio A (P1), respetivamente designadas por tinta IE2A-8 e IE2B-8.

Na Tabela 30 encontram-se os resultados da otimização (Anexo I, Tabela A6) da tinta IE2A-8, IE2B-8 e respetivo padrão.

**Tabela 30 - Caracterização da tinta IE2A-8, IE2B-8 e respetivo padrão**

Características	Unidades	P <sub>IE2-8</sub>	Tinta IE2A-8	Tinta IE2B-8
Aspeto físico	-	2	2	2
Aspeto película	-	2	2	2
Massa volúmica	g/mL	1,374	1,398	1,383
pH	U. pH	8,7	8,6	8,7
Viscosidade <i>stormer</i>	U.K.	102	100	101
Viscosidade cone e prato	Pa.s	0,15	0,09	0,12
Diferença de cor	$\Delta E$	-	Cor 1 – 0,2 Cor 2 – 0,3	Cor 1 – 0,4 Cor 2 – 0,5

Pela análise da Tabela 30 conclui-se que a versão IE2A-8 possui características muito semelhantes ao padrão. Como já aconteceu anteriormente, este resultado era expectável uma vez que apenas houve uma substituição direta de determinadas matérias primas pelos respetivos *slurries*. No entanto, comparando o padrão com a tinta IE2B-8, verificam-se diferenças principalmente ao nível da cor. Comparativamente ao padrão, verifica-se que o valor da diferença de cor para todas as cores estudadas é inferior a 0,5 - valor máximo aceitável pelo controlo de qualidade. Até este valor, o olho humano não consegue detetar as diferenças de cor.

Foi efetuada a caracterização exaustiva das versões otimizadas como do respetivo padrão. Os resultados desta caracterização encontram-se na Tabela 31.

Em relação à compatibilidade e flutuação de cor verifica-se que ambas as tintas reproduzidas com *slurries* bem como o padrão apresentam um bom comportamento, isto é, não apresentam problemas de compatibilidade nem flutuação de cor com todos os corantes usados em interior e exterior.

Relativamente à TMFP verifica-se que esta é inferior a 0 °C para as três tintas.

Focando no ensaio de tensão de película, verifica-se que a curvatura da película é semelhante entre o padrão e a tinta IE2B-8, sendo menor no caso da tinta IE2A-8.

Comparando os resultados do ensaio da resistência à fissuração para espessuras elevadas verifica-se que ambas as versões possuem resistências superiores ao padrão.

**Tabela 31 - Caracterização exaustiva das tintas IE2A-8 e IE2B-8 e respetivo padrão**

<b>Características</b>	<b>Unidades</b>	<b>PIE2-8</b>	<b>Tinta IE2A-8</b>	<b>Tinta IE2B-8</b>
Compatibilidade e flutuação de cor de bases	-	2 / 1	2 / 1	2 / 1
Temperatura Mínima de Formação de Película	°C	< 0	< 0	< 0
Tensão de Película	-	2	1	2
Resistência à fissuração para espessuras elevadas	µm	1000	1400	1200
Fissuração <i>Mudcracking</i>	-	5	5	5
Resistência às cinzas	-	$\Delta E$ antes lavagem = 0,6 $\Delta E$ após lavagem = 0,3	$\Delta E$ antes lavagem = 1,2 $\Delta E$ após lavagem = 0,4	$\Delta E$ antes lavagem = 1,2 $\Delta E$ após lavagem = 0,3
<i>Surfactant leaching</i>	-	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0
<i>Snail Trails</i>	-	2 / 2 / 2 / 2	2 / 2 / 2 / 2	2 / 2 / 2 / 2
Resistência à amónia	-	10	10	10
Resistência à água	-	10	10	10
Resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos	-	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração
Polimento prático	% de variação de brilho	<b>Polimento em seco:</b> 11,1 <b>Polimento em húmido:</b> 2,2	<b>Polimento em seco:</b> 10,0 <b>Polimento em húmido:</b> 10,0	<b>Polimento em seco:</b> 12,9 <b>Polimento em húmido:</b> 5,0
Manchamento prático		1,2	1,4	1,3
Brilho (60°/85°)	u. b.	4,5	4,0	4,4
Resistência à esfrega húmida e da lavabilidade de revestimentos por pintura	µm secos	4,0 – Classe 1	6,2 – Classe 2	5,7 – Classe 2

As três tintas P<sub>IE2-8</sub>, IE2A-8 e IE2B-8 mostraram ser resistentes a espessuras elevadas e não apresentaram fissuração nem enrugamento no ensaio de *Mudcracking*.

Relativamente ao ensaio de resistência de uma película de tinta às cinzas verifica-se que as três películas de tinta possuem resistências semelhantes.

Em relação ao ensaio de resistência à lixiviação dos surfactantes e *snail trail* os resultados são coerentes entre si e, todas as películas, possuem um bom desempenho, não havendo manchamento da cor.

Relativamente à resistência da película de tinta à água e à amónia, as três tintas possuem resistências semelhantes e máximas.

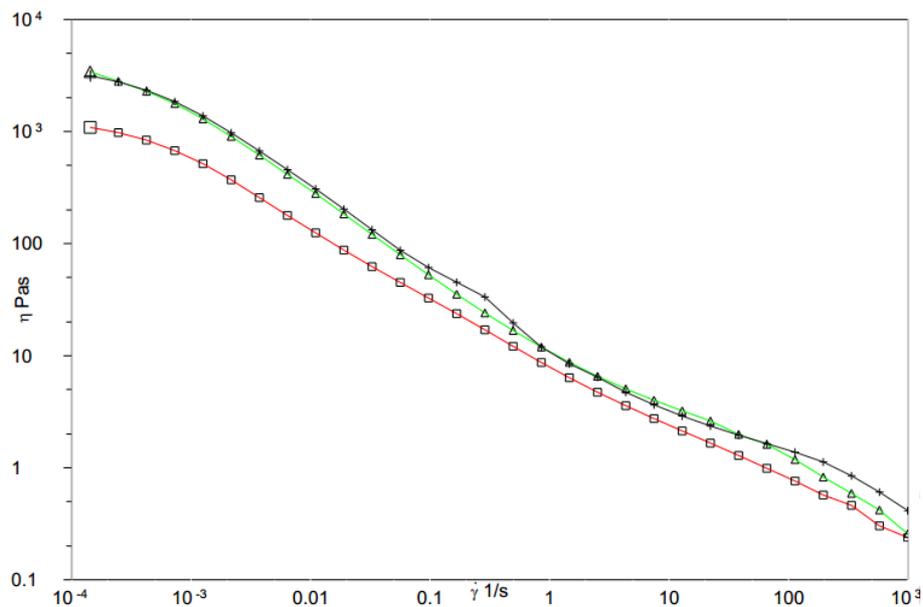
Concluído o período de ensaio dos álcalis dos ligantes hidráulicos, verificou-se que os provetes de argamassa aplicados tanto com as duas versões como com o padrão não apresentaram qualquer alteração em relação na película de tinta. Pode, por isso, dizer-se as tintas reproduzidas são resistentes aos álcalis dos ligantes hidráulicos.

Relativamente ao ensaio de resistência à esfrega e lavabilidade de revestimentos por pintura verifica-se que a perda de espessura de ambas as versões IE2A-8 e IE2B-8 aumenta relativamente ao padrão, sendo que este aumento não é muito significativo, mas faz com que passem a ser classificadas como classe 2. Este aumento, como já foi referido anteriormente, pode ser explicado pela introdução da carga resultante da troca do dióxido de titânio B pelo dióxido de titânio A no caso da versão IE2B-8 e, também, pela introdução de outros dispersantes (presentes na formulação dos *slurries*) em ambos os casos.

No ensaio de polimento em seco verifica-se que a percentagem de variação de brilho calculada é semelhante ao padrão em ambas versões com *slurries*. No caso do polimento em húmido verifica-se que na versão IE2A-8 a percentagem de variação de brilho é superior.

Relativamente ao ensaio de manchamento verifica-se que nos casos em que há incorporação de *slurries* nas tintas o manchamento é maior, ou seja, apresenta maior dificuldade na remoção de nódoas comparativamente ao padrão, ficando a notar-se na película nódoas como azeite, mostarda, café, batom, graxa, lápis de cera, lápis de cor, caneta e marcador.

Para além das características acima descritas foi ainda determinada a reologia relativa às tintas P<sub>IE1-8</sub>, IE1A-8 e IE1B-8. Os resultados estão representados na Figura 9.



**Figura 9** - Estudo da viscosimetria nas películas de tinta P<sub>IE2-8</sub> (vermelho), IE2A-8 (verde) e IE2B-8 (preto) (reproduzido de um programa da empresa).

Através da análise do gráfico obtido relativo ao estudo do comportamento reológico das tintas, representado na Figura 9, verifica-se que as curvas obtidas são semelhantes e, por isso, é expectável que as tintas possuam performances semelhantes.

Na Tabela 32 estão descritos os resultados das características estudadas durante o ensaio de aplicação a rolo, das tintas P<sub>IE2-8</sub>, IE2A-8 e IE2B-8.

**Tabela 32** - Avaliação da aplicação, em placas de gesso cartonado das tintas IE2A-8, IE2B-8 e respetivo padrão

Características	P <sub>IE2-8</sub>	IE2A-8	IE2B-8
Aplicabilidade	4	4	4
Opacidade seca	4	3	4
Cor	4	4	4
Espalhamento	4	4	4
Emendas	4	4	4
Retoques	2	2,5	2

Através da análise da Tabela 32, observa-se que a avaliação de todas as características, de uma forma geral, é semelhante para as duas versões, IE2A-1 e IE2B-1, comparativamente com o padrão, verificando-se diferenças apenas em termos de opacidade e retoques no caso da versão IE2A-8.

Os resultados do ensaio de estabilidade acelerada encontram-se descritos na Tabela 33.

**Tabela 33** - Resultados obtidos após o ensaio de estabilidade das tintas  $P_{IE2-8}$ , IE2A-8 e IE2B-8

Características	Unidades	$P_{IE2-1}$	Tinta IE2A-1	Tinta IE2B-1
Aspeto físico	-	2	2	2
Aspeto película	-	2	2	2
Massa volúmica	g/mL	1,385	1,401	1,395
pH	U. pH	8,0	7,9	8,0
Viscosidade <i>stormer</i>	U.K.	110	109	111
Viscosidade cone e prato	Pa.s	0,18	0,14	0,16
Diferença de cor	$\Delta E$	-	Cor 1 – 0,4 Cor 2 – 0,5	Cor 1 – 0,5 Cor 2 – 0,5

Por comparação com a caracterização após o fabrico, representada na Tabela 30 **Tabela 30**, verifica-se que várias características sofreram alteração após 30 dias a 50 °C, no entanto estas alterações deram-se na mesma proporção que no padrão, por isso pode concluir-se que não é a introdução de *slurries* que proporciona estas alterações. Relativamente à diferença de cor em relação ao padrão, após a estabilidade, esta diferença de cor aumenta mantendo-se, no entanto, abaixo do valor aceitável – 0,5.

#### 4.3. Tempo de fabrico das tintas desenvolvidas

Um dos principais objetivos da produção de tintas através da produção modular consiste na redução dos tempos de fabrico das mesmas em comparação com a fabrico pelo método convencional.

Deste modo avaliou-se o tempo de fabrico em laboratório de todas as tintas produzidas pelo método convencional (tintas  $P_{E1}$ ,  $P_{E2}$ ,  $P_{IE1-1}$ ,  $P_{IE1-8}$ ,  $P_{IE2-1}$  e  $P_{IE2-8}$ ) e pela produção modular (tintas E1A, E1B, E2A, E2B, IE1A-1, IE1B-1, IE1A-8, IE1B-8, IE2A-1, IE2A-1, IE2A-8, IE2B-8).

Para a avaliação dos tempos de fabrico não foram contabilizados os tempos de pesagem, adição de matérias primas, bombagem das pastas de dispersão, transfeço e outros tempos que a nível fabril são tidos em conta e a nível laboratorial não são considerados, pois são desprezáveis. Assim sendo, a comparação dos tempos de fabrico tem por base apenas o tempo de formulação de cada tinta.

Uma vez que o principal objetivo do projeto reside na implementação da produção modular a nível fabril, fez-se um levantamento das quantidades reproduzidas em fábrica das tintas em questão. Sempre que o volume de dispersão ultrapassa a capacidade do dispersor, há a necessidade de dividir o fabrico em várias dispersões multiplicando, assim, o trabalho e tempo de fabrico.

Na Tabela 34 tem-se os registos dos tempos de fabrico das formulações de cada tinta, bem como a quantidade produzida normalmente e o número de dispersões necessárias para a produção pelo método convencional e para a produção modular.

**Tabela 34 - Quantidade, número de dispersões, tempo de fabrico e percentagem de redução do tempo de fabrico das tintas reproduzidas, tradicionalmente a através da produção modular, onde  $Q$  – quantidade e  $t$  – tempo total de fabrico**

Tinta	$Q$ / toneladas	Nº dispersões	$t$ / minutos	Redução no tempo de fabrico/%
P <sub>E1</sub>	32	4	210	-
E1A	32	1	60	71
E1B	32	0	40	81
P <sub>E2</sub>	32	2	130	-
E2A	32	0	45	65
E2B	32	0	45	65
P <sub>IE1-1</sub>	32	3	276	-
IE1A-1	32	1	60	75
IE1B-1	32	2	95	66
P <sub>IE1-8</sub>	32	3	255	-
IE1A-8	32	1	60	77
IE1B-8	32	2	95	63
P <sub>IE2-1</sub>	32	2	175	-
IE2A-1	32	1	45	74
IE2B-1	32	1	60	66
P <sub>IE2-8</sub>	9	1	95	-
IE2A-8	9	1	45	52
IE2B-8	9	1	60	37

Analisando a Tabela 34 verifica-se que as tintas produzidas pela produção modular sofreram uma redução bastante significativa em termos de tempo de fabrico.

A maior redução deu-se na tinta E1B uma vez que pelo método convencional é a tinta que necessita de um maior número de dispersões e, quando produzida pelo método da produção modular, não é necessário efetuar nenhuma dispersão.

#### 4.4. Análise Económica

Durante o desenvolvimento de qualquer projeto é fundamental realizar uma análise económica. Deste modo, foi efetuada uma análise económica no sentido de tentar perceber o impacto que a produção modular terá no custo de produção das tintas nas quantidades habitualmente fabricadas.

Para a realização desta análise foi usada uma folha de cálculo em vigor na empresa, que relaciona diversas variáveis para calcular o custo de produção das tintas, por litro. Essas variáveis incluem o tempo de formulação, o tempo de dispersão, a massa de dispersão, a massa de acabamento, o custo do *set up* da linha de fabrico e o custo associado ao LIF (laboratório de inspeção final).

Assim sendo, para a avaliação do impacto económico da produção modular das tintas foi contabilizado o seu custo de produção através da fórmula de cálculo. Para as tintas obtidas pela produção modular contabilizou-se ainda o custo de produção dos *slurries*.

Para todas as tintas e métodos de produção, a avaliação foi efetuada para uma produção de 32 toneladas exceto para a tinta interior/exterior 2, na base 1508 em que a avaliação foi efetuada para uma produção de 9 toneladas. Estes valores tiveram por base a quantidade geralmente fabricada destas tintas. Os resultados da avaliação económica estão expressos nas Tabelas 34 a 39.

**Tabela 35 - Valores percentuais obtidos para a avaliação económica realizada à Tinta Económica 1**

<b>Custo</b>	<b>PE1</b>	<b>Tinta E1A</b>	<b>Tinta E1B</b>
Matérias-primas (€/L) % de variação	-	+ 18 %	+ 23 %
Produção para 32 toneladas (€/Kg) % de variação	-	- 65 %	- 79 %

Analisando a Tabela 35 verifica-se que produzindo a tinta económica 2 através da produção modular temos um aumento no custo das matérias primas de cerca de 20 % relativamente ao padrão. Este aumento no custo das matérias primas está relacionado com o custo de produção dos *shurries*. No entanto, para a produção de 32 toneladas verifica-se uma diminuição do custo de produção de cerca de 65 % na tinta E1A e uma diminuição de aproximadamente de 80 % na tinta E1B. Esta diminuição é proporcionada pela diminuição do tempo de produção e do número de dispersões.

**Tabela 36** - Valores percentuais obtidos para a avaliação económica realizada à Tinta Económica 2

Custo	PE2	Tinta E2A	Tinta E2B
Matérias-primas (€/L) % de variação	-	0	0
Produção para 32 toneladas (€/Kg) % de variação	-	- 44 %	- 44 %

Relativamente à tinta económica 2, como se pode verificar pela Tabela 36, o custo de matérias primas em ambas as versões é igual ao padrão.

No entanto, no caso em que se produzem 32 toneladas, em ambas as versões ocorre uma diminuição de 44 % do custo de produção desta quantidade. Este resultado faz todo o sentido porque se trata exatamente da mesma tinta com as mesmas matérias primas em que a troca é apenas do contratipo de titânio, não havendo por isso qualquer implicação nos custos de produção.

**Tabela 37** - Valores percentuais obtidos para a avaliação económica realizada à Tinta Interior/Exterior 1, em branco

Custo	PIE1-1	Tinta IE1A-1	Tinta IE1B-1
Matérias-primas (€/L) % de variação	-	+ 3 %	0 %
Produção para 32 toneladas (€/Kg) % de variação	-	- 42 %	- 45 %

No caso da tinta interior/exterior 1 em branco, focando no custo das matérias primas verifica-se que há aumento deste valor na versão IE1A-1 devido aos dispersantes introduzidos na formulação dos *slurries*, no entanto no caso da versão IE1B-1 o custo mantém-se devido à diminuição da quantidade de titânio, que compensa o facto de os *slurries* introduzirem outros dispersantes que não estão na formulação original da tinta.

Contudo, mais uma vez, para a produção de 32 toneladas há uma diminuição do custo de produção desta quantidade em ambos os casos.

**Tabela 38** - Valores percentuais obtidos para a avaliação económica realizada à Tinta Interior/Exterior 1, em base tintométrica

<b>Custo</b>	<b>PIE1-8</b>	<b>Tinta IE1A-8</b>	<b>Tinta IE1B-8</b>
Matérias-primas (€/L) % de variação	-	+ 5 %	+ 7 %
Produção para 32 toneladas (€/Kg) % de variação	-	- 39 %	- 53 %

Com base na Tabela 37 verifica-se que para a tinta interior/exterior 1, na base tintométrica, há um aumento no custo de matérias primas em ambas as versões com *slurries* incorporados devido ao custo associado à incorporação de *slurries* que introduzem consigo novos dispersantes na formulação. No entanto, ao contrário do que acontece no branco este aumento, no caso em que usamos o *slurry* de titânio A, não é colmatado pela diminuição da quantidade de titânio pois houve a necessidade de ajustar a formulação e aumentar a quantidade dos dois espessantes da mesma.

Contudo, mais uma vez, ocorre uma diminuição no custo de produção de 32 toneladas de aproximadamente 40 % na versão IE1A-8 e de mais de 50 % na versão IE1B-8.

Relativamente à tinta interior/exterior 2 verifica-se que há um aumento no custo de matérias primas na tinta IE2A-1, resultante da introdução dos *slurries* que introduzem, conseqüentemente, novos aditivos à formulação da tinta. No entanto ocorre uma diminuição deste custo na versão IE2B-1, devido à diminuição da quantidade de titânio, que compensa o facto de os *slurries* introduzirem aditivos que não estão na formulação original da tinta.

**Tabela 39** - Valores percentuais obtidos para a avaliação económica realizada à Tinta Interior/Exterior 2, em branco

<b>Custo</b>	<b>PIE2-1</b>	<b>Tinta IE2A-1</b>	<b>Tinta IE2B-1</b>
Matérias-primas (€/L) % de variação	-	+ 1 %	0 %
Produção para 32 toneladas (€/Kg) % de variação	-	- 47 %	- 26 %

No caso do custo de produção de 32 toneladas este valor diminui em ambas as versões IE2A-1 e IE2B-1, relativamente ao padrão.

**Tabela 40** - Valores percentuais obtidos para a avaliação económica realizada à Tinta Interior/Exterior 2, na base tintométrica

<b>Custo</b>	<b>PIE2-8</b>	<b>Tinta IE2A-8</b>	<b>Tinta IE2B-8</b>
Matérias-primas (€/L) % de variação	-	+ 6 %	+ 7 %
Produção para 9 toneladas (€/Kg) % de variação	-	- 35 %	- 23 %

Da análise da Tabela 40 conclui-se que na tinta interior/exterior 2, na base tintométrica, o custo de matérias primas aumenta em ambas as versões com *slurries* incorporados devido ao custo associado à incorporação de *slurries* que introduzem consigo novos dispersantes na formulação. No entanto, ao contrário do que acontece no branco este aumento, no caso em que usamos o *slurry* de titânio A, não é colmatado pela diminuição da quantidade de titânio pois houve a necessidade de ajustar a formulação e aumentar a quantidade de coalescente na formulação original da tinta.

Apesar do custo de matérias primas aumentar, o custo de produção de 9 toneladas diminui em ambas as situações relativamente ao padrão.

Note-se que em todas as situações se verifica uma redução dos custos de produção, o que está diretamente ligado ao facto de, com a introdução dos *slurries* estarmos a reduzir matérias primas na dispersão e a reduzir também tempo de dispersão.

## CAPITULO V – CONCLUSÕES

Em primeiro lugar conclui-se que o principal objetivo do projeto – implementação, à escala laboratorial, do sistema de produção modular no fabrico de tintas aquosas utilizando produtos previamente dispersos, os *slurries* – foi atingido.

De acordo com os resultados obtidos verifica-se que os *slurries* são estáveis ao longo do tempo, havendo apenas nalguns casos alguns problemas de sedimentação, no entanto, de fácil homogeneização. Não se verificou nenhuma contaminação biológica de qualquer um dos *slurries* durante o ensaio de estabilidade dos mesmos, no entanto, não é possível prever se em ambiente fabril esta contaminação não ocorrerá. Deste modo, sugere-se que os *slurries* sejam fabricados mediante as quantidades necessárias. No entanto, caso haja necessidade de armazenamento dos *slurries* é conveniente que este seja efetuado em tanques com recirculação.

Tendo em conta os resultados relativos à caracterização exaustiva das tintas com *slurries* incorporados conclui-se que, nos casos em que há substituição direta das matérias primas pelos *slurries*, as tintas têm comportamentos similares aos respetivos padrões e, por isso, conclui-se que a presença do *slurry* não afeta a qualidade da tinta.

No entanto, nos casos em que se tenta substituir o dióxido de titânio B pelo dióxido de titânio A verificamos que há algumas características que não estão otimizadas, como é o caso da opacidade, da brancura e cor, havendo necessidade de otimizar estas formulações.

No caso dos ensaios de esfrega é necessário confirmar os resultados obtidos e, caso se confirme as situações de alteração de classe (o que significa uma perda de qualidade do produto), é necessário otimizar as fórmulas de modo a conseguirmos manter a classe de resistência à esfrega dos produtos em causa.

Os *slurries* possuem na sua formulação aditivos que, conseqüentemente, serão incorporados nas tintas. Estes aditivos têm alguma afinidade para a água e era esperado que a introdução destes compostos conduzisse ao aumento da sensibilidade das películas, no entanto, isto não aconteceu.

Em síntese, concluiu-se que as tintas produzidas através da produção modular são muito semelhantes às tintas produzidas pelo método convencional.

Relativamente aos tempos de fabrico verificou-se que fabricando as tintas através da produção modular, o tempo de fabrico é bastante menor quando comparado com o fabrico convencional, chegando a obter-se reduções na ordem dos 80 %.

Em relação aos custos de produção, para as quantidades referidas – quantidades normalmente produzidas em ambiente fabril –, verifica-se que sempre que o fabrico ocorre através da produção modular há uma diminuição do custo de produção, chegando a obter-se reduções na ordem dos 80 %.

Finalizado o projeto e com os resultados obtidos, conclui-se que a produção modular é muito vantajosa em termos de tempo e custos de fabrico, pelo que a continuação do projeto com a implementação da produção modular em outras tintas seria uma mais valia para a empresa. No entanto deve avaliar-se quais os *slurries* existentes no mercado e comparar com os resultados obtidos com os *slurries* fabricados internamente. Para além disso deve confirmar-se os valores obtidos em alguns ensaios, nomeadamente para os ensaios da resistência à esfrega húmida e, caso se confirmem os valores obtidos, deve ajustar-se a formulação de modo que este parâmetro melhore. Em último lugar, seria importante efetuar um fabrico experimental em fábrica com o intuito de verificar se os resultados obtidos à escala laboratorial corresponderão a resultados obtidos à escala industrial.

## BIBLIOGRAFIA

- Alberdingk Boley et al. (2014). *Workshop Modular Technology - Pigment Paste Production in Theory and Practice*.
- Alua, P. (2012). *Optimização da Opacidade de tintas aquosas*. Universidade Técnica de Lisboa, Engenharia Química, Lisboa.
- Associação Portuguesa de Tintas. (2017). Retrieved from <http://www.ap tintas.pt>
- Bluematic. (2015). Retrieved Março 2, 2017, from <http://www.bluematic.mx/viscosimetro-medicion-krebs-tipo-stormer-p-745.html>
- Bottaci, L., & Rogers, G. G. (1997). Modular production systems: a new manufacturing paradigm. *Journal of Intelligent Manufacturing*.
- BYK. (2017). Retrieved from <https://www.byk.com/en/instruments/products/appearance-measurement/gloss-meters.html#fam1>
- Carvalho, S., & Nogueira, J. (2004, Dezembro). As Características das tintas e as características dos polímeros com que são formuladas. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*.
- CIN. (2017). Retrieved from <http://www.cin.pt>
- Cruz, N. (2010). *Portugal Patent No. PT 10541 T*.
- Dias, Â. (2008). *Produção de Partículas Vesiculadas e sua incorporação em tintas*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Engenharia Química.
- DuPont. (2014). Ti-Pure® Select TS-6300.
- Evonik Industries. (2014). Wetting and Dispersing Additives. *TEGO Journal*.
- Faustino, C., Bettencourt, A., Alfaia, A., & Pinheiro, L. (2016, Março). Conceitos básicos de reologia e sua aplicação a alimentos, cosméticos e excipientes farmacêuticos. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*.
- Figueiredo, J., Diniz, C., Sota, L., & Limpo, V. (2000). *Guia Técnico - Sector das tintas, vernizes e colas*. INETI - Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial, Lisboa.
- Goldschmidt, A., & Streitberger, H.-J. (2007). *Basics of Coating Technology*. Germany.
- Instituto Português da Qualidade. (2011). *Massa Volúmica*.
- James, R., & Cash, W. (n.d.). *Using a Grind Gage for In-Service Grease Analysis*. Noria Corporation.

- Lambourne, R. (1987). *Paint and surface coatings - Theory and practice*.
- Marrion, A. (2004). *The Chemistry and Physics of Coatings*. United Kingdom: The Royal Society of Chemistry.
- Nogueira, J. (2008). *Noções básicas de tintas e vernizes* (Vol. 1). Porto: ARCP - Associação Rede Competência em Polímeros.
- Nogueira, J. (2009). *Noções básicas de tintas e vernizes* (Vol. 2). Porto: ARCP - Associação Rede Competência em Polímeros.
- Sheen Instruments. (2017). Retrieved Março 2, 2017, from <http://www.sheeninstruments.com/products/viscosity/cone-and-plate-viscometer>
- Silva, A. (2016). *Produção Modular*. Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Biológica.
- Silva, J. (2013). *Estudo de Tintas Autolimpantes e Purificadoras*. Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil.
- The Chemours Company. (2016). *Titanium Dioxide For Coatings - Product Overview*.

## ANEXOS

### ANEXO I – RESULTADOS DA OTIMIZAÇÃO DAS TINTAS COM *SLURRIES* INCORPORADOS

#### 1. Desenvolvimento da Tinta Económica 1

Na Tabela A 1 estão descritos os valores dos resultados obtidos para os métodos de ensaio, previamente definidos, tidos em conta durante o processo de otimização da tinta económica 1. Para tal, compararam-se as diferentes versões da tinta económica 1 com a tinta padrão,  $P_{E1}$ , apresentada na mesma tabela.

*Tabela A 1 - Otimização da tinta económica 1 em relação à tinta padrão,  $P_{E1}$*

Características	Unidades	$P_{E1}$	E1.v1	E1.v2	E1.v3
A. Película	-	2	2	2	2
A. Físico	-	2	2	2	2
Brilho	u. b.	2,9	3	2,9	2,9
Massa volúmica	g/mL	1,537	1,551	1,512	1,549
Opacidade seca	%	85,6	87,6	86,9	87,6
Ind. Amarelecimento	%	2,8	2,5	2,5	2,3
Ind. Brancura	%	83,5	84,3	84,8	86
pH	U. pH	9,0	8,9	9,1	9
Viscosidade cone e prato	Pa.s	0,14	0,17	0,15	0,17
Viscosidade <i>stormer</i>	U.K.	110	124	116	113

#### 2. Desenvolvimento da Tinta Económica 2

Na Tabela A 2 encontram-se os resultados dos ensaios tidos em conta durante o processo de otimização da tinta económica 2. Do mesmo modo que na tinta económica 1, foram comparadas as diferentes versões da tinta económica 2 com a tinta padrão,  $P_{E2}$ .

**Tabela A 2 - Otimização da tinta económica 2 em relação à tinta padrão, P<sub>E2</sub>**

<b>Características</b>	<b>Unidades</b>	<b>P<sub>E2</sub></b>	<b>E2.v1</b>	<b>E2.v2</b>	<b>E2.v3</b>	<b>E2.v4</b>
A. Película	-	2	2	2	2	2
A. Físico	-	2	2	2	2	2
Brilho	u. b.	2,9	2,6	2,6	3	2,7
Massa volúmica	g/mL	1,541	1,519	1,540	1,522	1,506
Opacidade seca	%	88,9	89,5	89,8	88,5	88,8
Ind. Amarelecimento	%	3,0	2,0	2,1	2,1	2,1
Ind. Brancura	%	81,5	85,3	85,4	85,5	85,6
pH	U. pH	8,9	8,4	8,5	8,5	8,2
Viscosidade cone e prato	Pa.s	0,14	0,11	0,11	0,15	0,12
Viscosidade <i>stormer</i>	U.K.	111	102	105	105	109

### 3. Desenvolvimento da Tinta Interior/Exterior 1 em branco

Na Tabela A 3 encontram-se os resultados dos ensaios realizados na otimização da tinta interior/exterior 1 em branco. Estes resultados foram comparados com a tinta padrão,  $P_{IE1-1}$ .

*Tabela A 3 - Otimização da tinta interior/exterior 1, em branco, em relação à tinta padrão,  $P_{IE1-1}$*

Características	Unidades	$P_{IE1-1}$	IE1-1.v1	IE1-1.v2	IE1-1.v3	IE1-1.v4	IE1-1.v5	IE1-1.v6	IE1-1.v7	IE1-1.v8	IE1-1.v9	IE1-1.v10
A. Película	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
A. Físico	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Massa volúmica	g/mL	1,341	1,324	1,345	1,320	1,314	1,334	1,335	1,310	1,360	1,321	1,334
Opacidade seca	%	96,0	95,5	93,2	94,7	94,9	96,3	95,1	94,9	94,9	94	95,4
Ind. Amarelecimento	%	2,9	1,7	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	2,9	1,7	1,3	2,7
Ind. Brancura	%	82,6	86,5	86,2	85,9	86,2	86,2	86,2	84,1	86,2	87,7	82,4
pH	U. pH	9,1	9,2	8,9	8,9	8,9	8,8	9,0	8,5	8,9	9	8,8
Viscosidade cone e prato	Pa.s	0,15	0,15	0,16	0,26	0,15	0,15	0,14	0,25	0,14	0,10	0,15
Viscosidade <i>stomer</i>	U.K.	109	110	104	98	99	100	93	110	102	104	13

#### 4. Desenvolvimento da Tinta Interior/Exterior 1 em base tintométrica

Na Tabela A encontram-se os resultados dos ensaios realizados na otimização da tinta interior/exterior 1 em base tintométrica. Estes resultados foram comparados com a tinta padrão, P<sub>IE1-8</sub>.

*Tabela A 4 - Otimização da tinta interior/exterior 1, na base tintométrica, em relação à tinta padrão, P<sub>IE1-8</sub>*

Características	Unidades	P <sub>IE1-8</sub>	IE1-8.v1	IE1-8.v2	IE1-8.v3	IE1-8.v4	IE1-8.v5	IE1-8.v5	IE1-8.v6	IE1-8.v7	IE1-8.v8
A. Película	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
A. Físico	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Cor	-	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Massa volúmica	g/mL	1,372	1,37	1,362	1,378	1,380	1,389	1,433	1,389	1,405	1,393
Opacidade seca	%	94,7	95,5	94,3	94,4	92,51	92,18	94,04	92,55	94,61	93,95
Ind. Amarelecimento	%	2,8	1,73	1,6	1,49	1,195	1,38	1,24	1,6	1,15	1,19
Ind. Brancura	%	81	86,48	85,2	85,34	85,71	85,12	85,65	84,94	85,72	85,69
pH	U. pH	8,8	9,28	8,6	9,06	8,81	8,81	8,64	8,88	8,89	8,68
Viscosidade cone e prato	Pa.s	0,12	0,09	0,10	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12	0,10
Viscosidade <i>stormer</i>	U. K.	109	93	98	105	105	120	120	105	110	113

**Tabela A 4 -** Otimização da tinta interior/exterior 1, na base tintométrica, em relação à tinta padrão, P<sub>IE1-8</sub> (continuação)

Características	Unidades	IE1-8.v9	IE1-8.v10	IE1-8.v11	IE1-8.v12	IE1-8.v1	IE1-8.v13	IE1-8.v14	IE1-8.v15
A. Película	-	2	2	2	2	2	2	2	2
A. Físico	-	2	2	2	2	2	2	2	2
Cor	-	1	1	1	1	1	1	2	2
Massa volúmica	g/mL	1,371	1,379	1,391	1,370	1,372	1,342	1,367	1,384
Opacidade seca	%	97,3	94,9	94,5	93,5	94,2	94,8	95,1	93,2
Ind. Amarelecimento	%	1,67	1,8	1,19	1,02	1,14	1,14	1,21	2,59
Ind. Brancura	%	85,1	84,1	86,2	86,7	86,4	85,7	85,6	81,5
pH	U. pH	8,42	8,88	8,8	8,92	9,06	9,37	8,96	9,07
Viscosidade cone e prato	Pa.s	0,08	0,12	0,13	0,13	0,11	0,08	0,14	0,11
Viscosidade <i>stormer</i>	U. K.	110	110	113	100	103	97	107	100

### 5. Desenvolvimento da Tinta Interior/Exterior 2, em branco

Na Tabela A 5 encontram-se os resultados dos ensaios tidos em conta durante o processo de otimização da tinta interior/exterior 2. Do mesmo modo que nos casos anteriores, foram comparadas as diferentes versões da tinta interior/exterior 2 com a tinta padrão, P<sub>IE2-1</sub>.

**Tabela A 5 - Otimização da tinta interior/exterior 2, em branco, em relação à tinta padrão, P<sub>IE1-8</sub>**

Características	Unidades	P <sub>IE2-1</sub>	IE2-1.v1	IE2-1.v2	IE2-1.v3
A. Película	-	2	2	2	2
A. Físico	-	2	2	2	2
Massa volumica	g/mL	1,389	1,392	1,376	1,386
Opacidade seca	%	95,6	94,4	93,9	94
Ind. Amarelecimento	%	1,3	3,3	1,3	1,5
Ind. Brancura	%	83,2	81,6	87,7	86,6
pH	U. pH	8,9	8,7	8,8	8,6
Viscosidade cone e prato	Pa.s	0,08	0,09	0,11	0,10
Viscosidade <i>stormer</i>	U. K.	113	110	109	113

## 6. Desenvolvimento da Tinta Interior/Exterior 2, em base tintométrica

Na Tabela A 6 encontram-se os resultados dos ensaios realizados na otimização da tinta interior/exterior 2, em base tintométrica. Estes resultados foram comparados com a tinta padrão, P<sub>IE2-8</sub>.

**Tabla A 6 - Otimização da tinta interior/exterior 2, na base 1508, em relação à tinta padrão, P<sub>IE2-8</sub>**

<b>Características</b>	<b>Unidades</b>	<b>P<sub>IE2-8</sub></b>	<b>IE2-8.v1</b>	<b>IE2-8.v2</b>	<b>IE2-8.v3</b>	<b>IE2-8.v4</b>	<b>IE2-8.v5</b>	<b>IE2-8.v6</b>	<b>IE2-8.v7</b>
A. Película	-	2	2	2	2	2	2	2	2
A. Físico	-	2	2	2	2	2	2	2	2
Cor p/ aprovação da FC	-	2	2	1	1	1	1	2	1
Massa volúmica	g/mL	1,374	1,401	1,395	1,408	1,398	1,372	1,383	1,387
Opacidade seca	%	95,5	94,4	92,4	93,1	92,7	95,3	93,9	92,9
Ind. Amarelecimento	%	2,9	3	1,4	1,5	1,3	1,27	1,1	1,22
Ind. Brancura	%	21,4	82,1	86,6	87,4	87,1	87,7	88,3	88,1
pH	U. pH	8,7	8,6	8,8	8,8	8,9	9,04	8,7	8,7
Viscosidade cone e prato	Pa.s	0,2	0,09	0,12	0,11	0,08	0,10	0,10	0,11
Viscosidade <i>stomer</i>	U. K.	102	98	102	103	107	109	104	105

## ANEXO II – EXEMPLOS DE CÁLCULO DO ENSAIO DE MANCHAMENTO E POLIMENTO PRÁTICO

Após a remoção das nódoas com papel absorvente e detergente neutro e avaliam-se os efeitos observados na película, segundo uma escala de 0 - sem alteração, 1 – alteração moderada e 2 - alteração muito profunda. O valor do manchamento corresponde à media do valor atribuído a cada nódoa.

Na Tabela A 7 encontram-se os resultados do manchamento da tinta IE1-8.

*Tabela A 7 - Exemplo de cálculo do valor do ensaio de manchamento prático para o caso da tinta IE1-8.*

Nódoas	P <sub>IE1-8</sub>	IE1A-8	IE1B-8
Café	1	1	1
Vinho	0	0	0
Azeite	1	1	1
Mostarda	1	1	1
Ketchup	1	1	1
Batom	2	2	2
Sumo	0	0	0
Graxa	2	2	2
Nívea	2	2	2
Lápis cera	1	1	1
Lápis cor	0	0	0
Lápis	0	0	0
Caneta	2	2	2
Marcador	1	1	1
Média	0,86	0,86	0,86

No caso do polimento prático, tanto no caso seco como em húmido, após a realização do ensaio a avaliação do resultado é efetuada através da medição do brilho da área sujeita a ensaio e comparando com a área não sujeita. A partir daqui calcula-se a percentagem de variação de brilho, de acordo com a seguinte equação:

$$\% \text{ variação de brilho} = \frac{\text{Brilho médio}_{\text{inicial}} - \text{Brilho médio}_{\text{final}}}{\text{Brilho médio}_{\text{inicial}}} \times 100$$

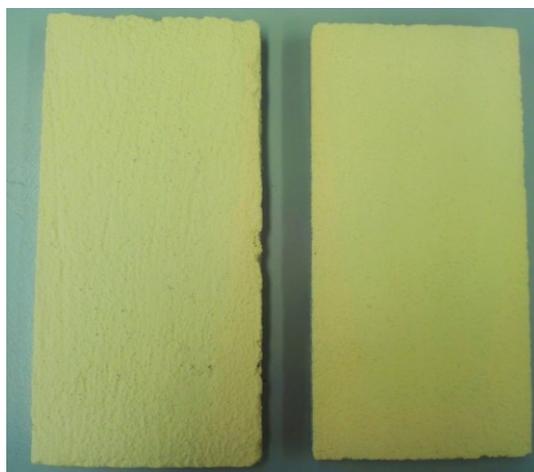
Voltando à tinta IE1-8, no caso do polimento prático em seco, verifica-se que para o padrão a percentagem de variação de brilho calcula-se da seguinte forma:

$$\% \text{ variação de brilho} = \frac{1,6 - 2,6}{1,6} \times 100 = -62,5 \%$$

### **ANEXO III – EXEMPLO DE RESULTADOS DO ENSAIO DA RESISTÊNCIA AOS ÁLCALIS DOS LIGANTES HIDRÁULICOS**

No caso do ensaio da resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos o resultado é visual. Compara-se o provete de argamassa sujeito a ensaio com o provete deixado como testemunho. Para todos os casos nunca se verificou qualquer alteração.

Na Figura 10 tem-se uma fotografia dos provetes de argamassa com a tinta IE2A-8 aplicada. À esquerda tem-se o provete deixado como testemunho e à direita tem-se o provete sujeito a ensaio.



**Figura 10** - Fotografia dos provetes após ensaio de resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos da tinta IE2A-8.