

**Mestrado Integrado em Engenharia Química**

***Influência do tipo de espessante na reologia das tintas decorativas aquosas***

**Tese de Mestrado**

de

**Ana Isabel Magalhães Fumega dos Santos**

**Desenvolvida no âmbito da unidade curricular de Dissertação**

realizada em

**Barbot - Indústria de Tintas S.A.**



**Orientador na FEUP: Prof. Dr. Fernão Domingos de Montenegro Batista Malheiro de Magalhães**

**Orientador na Barbot: Eng. Nuno Miguel Vieira Barbosa**

**U. PORTO**

**FEUP** FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

**Departamento de Engenharia Química**

**julho de 2015**



*À minha família*



## Agradecimentos

Ao concluir este trabalho quero agradecer a todos que, de uma forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

Gostaria de começar por agradecer ao Eng. Nuno Barbosa pela oportunidade concedida, por toda a disponibilidade, orientação, conhecimento e motivação que me transmitiu para a realização deste projeto.

Ao Professor Fernão Magalhães gostaria de agradecer toda disponibilidade e orientação na elaboração desta dissertação.

Estou muito grata a toda a equipa da Barbot, S.A. pelo apoio profissional, em especial à Bruna Coelho e ao Ricardo Dixo pelas dicas, sugestões e tempo dispensado na explicação dos equipamentos e testes realizados.

A toda a minha família, uma palavra de gratidão por todo o apoio e, em especial aos meus pais, por todo o incentivo e confiança transmitidos e ao meu irmão, por toda a preocupação e conselhos deixados.

Ao meu namorado, o meu muito obrigada pelo apoio, compreensão, paciência, amor e dedicação.

---



## Resumo

A escrita deste documento, elaborado no âmbito da unidade curricular Dissertação, teve como objetivo principal a compreensão da influência do tipo de espessante utilizado nas tintas, no comportamento reológico das mesmas.

Ao longo dos tempos, as tintas têm vindo a sofrer alterações. As primeiras manifestações de pintura remontam há mais de 30 000 anos atrás, em tempos pré-históricos. A ansia de novas cores, levou o Homem à procura de novos materiais que pudessem funcionar como corantes. Tal como nesses tempos, o Homem ainda hoje busca melhorar as tintas já existentes. Por forma a tornar a produção de tinta economicamente mais rentável, surge a necessidade de estudar a influência do tipo de espessante na reologia de uma tinta decorativa aquosa.

Este estudo teve como ponto de partida a realização de testes reológicos a diferentes ensaios com as resinas Acronal 6716, Acronal A684 e Polidisp 7241 e diversos espessantes celulósico, bentoníticos e associativos consumidos ou a adquirir pela Barbot, em diversas concentrações. Verificou-se que, em qualquer uma das resinas, o efeito dos espessantes celulósicos e bentoníticos não era significativo. Contudo, a utilização dos espessantes associativos conferia, a qualquer uma das resinas em estudo, um comportamento reológico distinto e, para além disso, obtiveram-se curvas reológicas distintas para diferentes espessantes associativos.

Assim, foi possível passar ao estudo da influência do espessante na reologia de uma tinta decorativa aquosa da gama Barbot. Selecionaram-se as tintas Dioplaste Branco e Barbocril Branco, que na sua constituição integram uma das resinas referidas anteriormente e o espessante associativo Optiflo L100. As curvas reológicas obtidas através do estudo com resina e espessante, permitiram escolher outros espessantes que conferiam à emulsão um comportamento reológico semelhante ao que o espessante associativo Optiflo L100 conferia. Determinaram-se as brancuras, opacidades, brilhos e absorção de água. Avaliou-se a reologia das tintas Dioplaste e Barbocril, através de testes reológicos e analisou-se a lacagem, tendo-se concluído que os espessantes Aquaflow NHS 356 e Rheolate 6008 poderiam ser usados em alternativa ao espessante Optiflo L100.

Por forma a verificar qual seria o economicamente mais interessante para a empresa, determinou-se qual a poupança associada a cada um dos novos espessantes em comparação como os valores despendidos no consumo do Optiflo L100 nas duas tintas em estudo.

---

Constatou-se que a substituição por Aquaflow NHS 356 permitia uma poupança de 35%, enquanto que a alteração para Rheolate 6008, levaria a uma poupança de 60%.

Para além disso, este trabalho possui informação que poderá ser útil para o estudo da influência de diversos espessantes na reologia de outras tintas. Deste modo, propõe-se, uma orientação para trabalhos futuros, no sentido de realizar novos ensaios, colmatando os pontos, onde foram encontradas limitações.

**Palavras Chave:** reologia, reómetro, viscosidade, tinta decorativa aquosa.

---



## Abstract

The writing of this document, developed in the context of curricular unit Dissertation, aimed to the understanding of the main influence of the type of thickener used in paints, in the rheological behavior of them.

Throughout the ages, the inks have been changing. The first demonstrations of painting can be traced back to more than 30 000 years ago in prehistoric times. In its eager for new colors, Mankind searched for new materials that could function as dyes. To this day, Mankind still seeks to improve the existing paints. In order to make the ink production more economically profitable, it is necessary to study the influence of type of thickener on rheology of aqueous decorative paint.

The starting point of this study was to perform different rheological trials with the binders Acronal 6716, Acronal A684 and Polidisp 7241 and several cellulosic, bentonitics and associative thickeners consumed or to be acquired by Barbot, in various concentrations.

It was found that, for all the resins tested, the effect of cellulosic and bentonics thickeners were not significant. However, the use of associative thickeners gave, in all trials, a distinct rheological behavior and, moreover, distinct rheological curves for different associative thickeners were obtained.

Thus, it was possible to proceed to the study of the influence of the thickener on the rheology of a Barbot range aqueous decorative paint. The selected paints were Dioplaste and Barbocril, which in its constitution a part of one of the above mentioned resins and associative thickener Optiflo L100. Rheological curves obtained in the resins and thickeners studies, allowed choosing other thickeners that gave to the emulsion a similar rheological behavior to the Optiflo L100 associative thickener. It was evaluated the whiteness, opacity, gloss and water absorption. It was also evaluated the rheology of Dioplaste and Barbocril paints trough reological tests and analyzed the leveling. We concluded that the Aquaflow NHS356 and Rheolate 6008 thickeners could be used as an alternative to Optiflo L100.

In order to find what would be the most economically interesting option for the company, it was determined the savings with each of the new thickeners, comparing with the amounts spent on Optiflo L100 for both paints studied. It has found that substitution by Aquaflow NHS 356 allowed a saving of 35%, while the change to Rheolate 6008 would lead to a 60% saving.

---

Furthermore, the results found in this work may be useful for the study of the influence of various thickeners on rheology of other paints. Thus, it is proposed a guideline for future work in order to perform new tests, bridging the points where limitations were found.

**Key words:** Rheology, rheometer, viscosity, water based paint.

---

## Declaração

Declara, sob compromisso de honra, que este trabalho é original e que todas as contribuições não originais foram devidamente referenciadas com identificação da fonte.

*Anna Isabel Santos*

*Porto, 6 de julho de 2015*

---



# Índice

1	Introdução .....	1
1.1	Enquadramento e Apresentação do Projeto .....	1
1.2	Apresentação da Empresa .....	1
1.3	Contributos do Trabalho .....	2
1.4	Organização da Tese .....	2
2.	Contexto e Estado da Arte .....	5
2.1	Propriedades Reológicas .....	7
2.2	Espessantes .....	12
3.	Materiais e Métodos .....	17
3.1	Matérias-primas utilizadas.....	17
3.2	Preparação de soluções de espessante .....	18
3.3	Preparação de soluções de resina com espessante .....	18
3.4	Análise reológica.....	19
3.5	Determinação da viscosidade no viscosímetro <i>ICI</i> .....	19
3.6	Determinação da viscosidade no viscosímetro <i>Stormer</i> .....	20
3.7	Determinação da viscosidade no viscosímetro <i>Brookfield</i> .....	20
3.8	Preparação das soluções de tinta Dioplaste Branco com diferentes espessantes .....	22
3.9	Preparação das soluções de tinta Barbocril Branco com diferentes espessantes.....	23
3.10	Seleção das tintas.....	23
3.11	Determinação do brilho, brancura e opacidade .....	24
3.12	Análise da lacagem .....	25
3.13	Teste de escorrido .....	25
3.14	Teste de nivelamento .....	26
3.15	Teste de absorção de água .....	26
4.	Discussão de resultados.....	29
4.1	Influência de um espessante na reologia de uma resina .....	29
4.2	Influência de um espessante na reologia de uma tinta.....	39
5.	Conclusões.....	45
5.1	Objetivos Realizados .....	46
5.2	Limitações e Trabalho Futuro .....	46
5.3	Apreciação Final .....	46
	Referências .....	49
	Apêndice 1 Instruções de utilização do reómetro.....	51

Apêndice 2 Resultados experimentais - *ICI, Stormer e Brookfield* .....59

# Índice de Figuras

Figura 1 - Principais constituintes de uma tinta líquida.....	5
Figura 2 - Modelo reológico típico.....	8
Figura 3 - Exemplo de perfil de velocidades do líquido contido entre os dois planos. ....	8
Figura 4 - Classificação de fluidos tendo em conta o seu comportamento reológico. ....	9
Figura 5 - Diferentes etapas pelas quais uma tinta passa e respectivas taxas de corte. ....	12
Figura 6 - Estrutura tridimensional da esmectite. ....	13
Figura 7 - Modo de atuação dos espessantes associativos.....	14
Figura 8 - Comportamento de um espessante acrílico em meio ácido e em meio básico. ....	15
Figura 9 - Disposição vertical em que o teste de escorrimento deve ser colocado. ....	26
Figura 10 - Comportamento reológico das resinas Acronal 6716, Acronal A684 e Polidisp 7241 para diferentes taxas de corte. ....	30
Figura 11 - Comportamento reológico da resina Acronal 6716 e dos respetivos ensaios com o espessante celulósico Bermocoll Prime 2500. ....	31
Figura 12 - Comportamento reológico da resina Acronal A684 e dos respetivos ensaios com o espessante celulósico Bermocoll Prime 2500. ....	32
Figura 13 - Comportamento reológico da resina Polidisp 7241 e dos respetivos ensaios com o espessante celulósico Bermocoll Prime 2500. ....	32
Figura 14 - Comportamento reológico da resina Acronal 6716 e dos respetivos ensaios com o espessante Bentone EW.....	33
Figura 15 - Comportamento reológico da resina Acronal A684 e dos respetivos ensaios com o espessante Bentone EW.....	33
Figura 16 - Comportamento reológico da resina Acronal 6716 e dos respetivos ensaios com o espessante Bentone EW.....	33
Figura 17 - Comportamento reológico da resina Acronal 6716 e dos respetivos ensaios com diferentes espessantes associativos.....	34
Figura 18 - Comportamento reológico da resina Acronal A684 e dos respetivos ensaios com diferentes espessantes associativos.....	35
Figura 19 - Comportamento reológico da resina Polidisp 7241 e dos respetivos ensaios com o espessante Optiflo L100. ....	35

Figura 20 - Comportamento reológico da resina Polidisp 7241 com diferentes espessantes associativos em diferentes concentrações. ....	39
Figura 21 - Comportamento reológico da resina Acronal A684 com diferentes espessantes associativos. ....	40
Figura 22 - Comportamento reológico da tinta Dioplaste Branco com 4% de Optiflo L100, com 5,5% de Aquaflo NHS 356 e com 1% Rheolate 6008. ....	41
Figura 23 - Comportamento reológico da tinta Barbocril Branco com 1% de Optiflo L100, com 1% Aquaflo NHS 356 e com 0,5 % de Rheolate 6008. ....	41
Figura 25 - Localização do painel de controlo, do <i>Measuring Set</i> , do menu, sub-menu e do <i>Project Templates</i> no <i>RheoCompass</i> . ....	57
Figura 26 - Localização do <i>Project</i> e do separador <i>Details</i> no <i>RheoCompass</i> . ....	57



# Índice de Tabelas

Tabela 1 - Comportamento reológico de diferentes fluidos [8].	10
Tabela 2 - Designação comercial das resinas e espessantes testados e respectivas viscosidades, teor de sólidos e densidades.	17
Tabela 3 - Preparação dos ensaios - quantidade de espessante.	22
Tabela 4 - Preparação dos ensaios - quantidade de espessante e água.	23
Tabela 5 - Diferença entre as viscosidades da resina com espessante e a própria resina.	37
Tabela 6 - Legenda cromática da Tabela 5.	37
Tabela 7 - Viscosidades das tintas Dioplaste Branco e Barbocril Branco com diferentes espessantes.	42
Tabela 8 - Viscosidades <i>ICI</i> , <i>Brookfield</i> e <i>Stormer</i> dos ensaios das tintas Dioplaste Branco e Barbocril Branco com diferentes espessantes.	42
Tabela 9 - Brancura, opacidade e brilho em carta de contraste e carta xadrez para os diversos ensaios.	43
Tabela 10 - Resultados do teste de absorção de água realizados à tinta Barbocril Branco.	44
Tabela 11 - Viscosidades <i>ICI</i> , <i>Brookfield</i> e <i>Stormer</i> da resina Acronal 6716.	59
Tabela 12 - Viscosidades <i>ICI</i> , <i>Brookfield</i> e <i>Stormer</i> da resina Acronal 6716 com concentração de 0,01 a 0,05% de diferentes espessantes celulósicos.	59
Tabela 13 - Viscosidades <i>ICI</i> , <i>Brookfield</i> e <i>Stormer</i> da resina Acronal 6716 com concentração de 0,01 a 0,05% de diferentes espessantes bentoníticos.	60
Tabela 14 - Viscosidades <i>ICI</i> , <i>Brookfield</i> e <i>Stormer</i> da resina Acronal 6716 com concentração de 1 a 5% de diferentes espessantes associativos.	61
Tabela 15 - Viscosidades <i>ICI</i> , <i>Brookfield</i> e <i>Stormer</i> da resina Acronal A684.	62
Tabela 16 - Viscosidades <i>ICI</i> , <i>Brookfield</i> e <i>Stormer</i> da resina Acronal A684 com concentração de 0,01 a 0,05% de diferentes espessantes celulósicos.	62
Tabela 17 - Viscosidades <i>ICI</i> , <i>Brookfield</i> e <i>Stormer</i> da resina Acronal A684 com concentração de 0,01 a 0,05% de diferentes espessantes bentoníticos.	64
Tabela 18 - Viscosidades <i>ICI</i> , <i>Brookfield</i> e <i>Stormer</i> da resina Acronal A684 com concentração de 1 a 5% de diferentes espessantes associativos.	64
Tabela 19 - Viscosidades <i>ICI</i> , <i>Brookfield</i> e <i>Stormer</i> da resina Polidisp 7241.	65

Tabela 20 - Viscosidades *ICI*, *Brookfield* e *Stormer* da resina Polidisp 7241 com concentração de 0,01 a 0,05% de diferentes espessantes celulósicos.....65

Tabela 21 - Viscosidades *ICI*, *Brookfield* e *Stormer* da resina Polidisp 7241 com concentração de 0,01 a 0,05% de diferentes espessantes bentoníticos.....66

Tabela 22 - Viscosidades *ICI*, *Brookfield* e *Stormer* da resina Polidisp 7241 com concentração de 1 a 5% de diferentes espessantes associativos. ....67

## Notação e Glossário

$A$	Área	$m^2$
$F$	Força	N
$x$	distância entre placas	m
$v$	Velocidade	$m.s^{-1}$

### Letras gregas

$\dot{\gamma}$	taxa de corte	$s^{-1}$
$\mu$	viscosidade dinâmica de um fluido	Pa.s
$\tau$	tensão de corte	$N.m^{-2}$
$\tau_0$	tensão de cedência	$N.m^{-2}$

### Lista de Siglas

ASE	Emulsões de polímeros acrílicos solúveis em meio alcalino
CMC	Carboximetilcelulose
CMHEC	Carboximetilhidroxietilcelulose
EHEC	Etilhidroxietilcelulose
HASE	Emulsões de polímeros acrílicos solúveis em meio alcalino e modificadas hidrofobicamente
HEC	Hidroxietilcelulose
HEUR	Copolímero não iônico de "uretano etoxilado" hidrofobicamentemodificados
HMHEC	Hidroxietilcelulose modificada hidrofobicamente
HPC	Hidroxiopropilcelulose
HPMC	Hidroxiopropilmetilcelulose
MC	Metilcelulose
MHEC	Metilhidroxietilcelulose
MHPC	Metilhidroxipropilcelulose
NP	Norma Portuguesa



# 1 Introdução

## 1.1 Enquadramento e Apresentação do Projeto

A escrita desta dissertação teve como objetivo principal a elaboração de um trabalho que permitisse compreender a influência do tipo de espessante utilizado nas tintas, no comportamento reológico das mesmas.

Inicialmente, este trabalho apresenta uma contextualização da tintas no mundo atual, onde se refere a sua evolução e os seus principais constituintes. Tendo em conta o objetivo a que se propõe, aborda-se, ao longo do trabalho, a terminologia utilizada no estudo do comportamento reológico e foca-se pormenorizadamente o papel do espessante numa tinta e a sua forma de atuação. Descrevem-se ainda os procedimentos experimentais seguidos na avaliação da influência do tipo de espessante na reologia de uma resina e de uma tinta. Por fim, apresentam-se os resultados de todos os teste realizados e as conclusões daí decorrentes.

A leitura desta dissertação dotará o leitor de um conhecimento base sobre as propriedades reológicas e as características de uma tinta decorativa aquosa, assim como todos os testes a realizar para a substituição de um componente numa tinta. Em suma, é apresentada uma proposta alternativa ao espessante Optiflo L100 utilizado nas tintas comercializadas pela Barbot: Dioplaste Branco e Barbocril Branco.

## 1.2 Apresentação da Empresa

Fundada no Porto, em 1920, logo após a I Guerra Mundial, a Barbot possui como logótipo uma imagem que ilustra as iniciais do seu fundador, Diogo Barbot. Classificada atualmente como a terceira marca no ranking do setor das tintas em Portugal e uma referência no mercado português, nos segmentos da Construção Civil, Decoração e Indústria, a Barbot rege-se pelos princípios do rigor, segurança, qualidade e serviço ao cliente.

Sob a coordenação do sucessor Carlos Aires Pereira, é construída, em 1958, uma fábrica em Laborim, Vila Nova de Gaia.

Já em 1962, a filha do fundador, Zaida Barbot, assume a gestão da empresa e inova com o surgimento da tinta Dioplaste, que, nos dias de hoje, é ainda líder de mercado. A Barbot conseguiu, assim, afirmar-se e marcar a história das tintas em Portugal.

Em 1982, já com a nova liderança de Carlos Barbot, filho de Zaida Barbot, a empresa expande o seu processo de produção, transferindo as instalações do Porto para Vila Nova de Gaia. Este aumento da produção levou, em 2002, à quadruplicação dos armazéns da empresa e à abertura de uma nova fábrica em Canelas, Vila Nova de Gaia. As instalações modernas, equipadas com a mais avançada tecnologia e uma elevada capacidade de resposta e competitividade permitiram à Barbot estar presente de Norte a Sul do país, com uma rede alargada de revendedores e 22 pontos de venda próprios.

Ao longo dos anos, o grupo Barbot tem crescido e marcado território no mundo das tintas. Atualmente, o grupo inclui seis empresas em dois continentes: o europeu e o africano.

### **1.3 Contributos do Trabalho**

Esta dissertação pretende fornecer informação abrangente acerca da influência do tipo de espessante na reologia de uma tinta, incluindo os conceitos gerais de reologia e o modo de atuação dos diversos espessantes.

O estudo desenvolvido permite que, caso a alteração do espessante se verifique na produção das tintas Dioplaste Branco e Barbocril Branco, a Barbot poupe financeiramente 60% do investido, em 2014, no espessante Optiflo L100.

Para além disso, este trabalho fornece resultados que permitem a realização de novos ensaios em tintas com a finalidade de se substituir o espessante utilizado por outro, igualmente ou mais eficiente, e economicamente vantajoso.

### **1.4 Organização da Tese**

A estrutura utilizada para desenvolver esta dissertação é descrita de seguida.

No Capítulo 2, “Contexto e Estado da Arte”, é apresentada uma breve história da evolução e constituição das tintas. Este capítulo encontra-se dividido em 2 subcapítulos. O Subcapítulo 2.1, intitulado de “Propriedades Reológicas”, explica a terminologia utilizada ao longo deste trabalho, no que diz respeito à reologia de um fluido. O Subcapítulo 2.2, “Espessantes”, foca a importância da utilização de espessantes na formulação de uma tinta para que esta apresente as características desejadas. Este subcapítulo descreve ainda os diferentes tipos de espessantes e o seu modo de atuação no espessamento do meio envolvente.

O Capítulo 3 corresponde à descrição técnica do trabalho realizado para a avaliação da influência do tipo de espessante na reologia de uma tinta decorativa de base aquosa. Este encontra-se dividido em 15 subcapítulos. No primeiro subcapítulo apresentam-se as matérias-primas requeridas para a realização deste estudo. Nos Subcapítulos 3.2 e 3.3, explica-se, respetivamente, como se procedeu na preparação dos diversos espessantes, e das soluções de resina e espessante. Nos quatro subcapítulos seguintes, 3.4 a 3.7, refere-se o procedimento experimental adequado ao manuseamento do reómetro, dos viscosímetros *ICI*, *Stormer* e *Brookfield*, respetivamente. A preparação das emulsões de tinta Dioplaste Branco e Barbocril Branco com diferentes espessantes encontra-se, respetivamente, detalhada nos Subcapítulos 3.8 e 3.9. De seguida, Subcapítulo 3.10, apresenta-se brevemente o modo como foi realizada a seleção dos melhores ensaios com diferentes espessantes realizados nas duas tintas em estudo. Por fim, os Subcapítulos 3.11 a 3.15, detalham o procedimento experimental seguido na determinação do brilho, brancura e opacidade, na análise da lacagem, no teste de escorrido, no teste de nivelamento e no teste de absorção de água.

Relativamente ao Capítulo 4, Discussão de Resultados, este encontra-se dividido em 2 subcapítulos: influência dos diversos espessantes no estudo na reologia de uma resina e influência dos mesmos no comportamento reológico de duas tintas aquosas da gama Barbot: o Dioplaste Branco e o Barbocril Branco.

Por fim, as principais conclusões do presente trabalho encontram-se sumarizadas no Capítulo 5, apresentando-se, ainda, linhas de orientação para trabalho futuro sobre o tema.





## 2. Contexto e Estado da Arte

As primeiras manifestações de pintura remontam há mais de 30 000 anos atrás, em tempos pré-históricos, aquando da pintura de animais e cenas de caça nas paredes das cavernas. Ao longo dos tempos, a necessidade de utilizar novas cores, levaram os artistas a procurarem outros materiais que pudessem ser misturados e utilizados como corantes, surgindo assim o conceito de pigmento [1-3].

Inicialmente, as matérias-primas eram basicamente de origem natural, o que conferia ao produto desvantagem, como o facto da enorme variabilidade da origem e das quantidades das matérias-primas, comprometendo assim a qualidade e quantidade de produto. Embora se tenham feito pequenos progressos no sentido de se obter matérias-primas por via sintética, só durante Revolução Industrial é que se desenvolveram estudos aprofundados, por forma a obter-se produtos anti corrosão para serem aplicados em maquinaria e estruturas de ferro. Surgem assim, em meados do século XIX, as primeiras fábricas e conseqüentemente as primeiras tintas no mercado. Contudo, a indústria moderna das tintas apenas surgiu no início do século XX, apresentando rápidas transformações ao longo dos tempos. A passagem de um processo basicamente artesanal para uma indústria altamente sofisticada a nível técnico e estrutural, deveu-se ao aparecimento e desenvolvimento da química orgânica, que permitiu aperfeiçoar os produtos já existentes e produzir novos, e ao aumento exponencial da procura de tintas por parte das indústrias para proteger e decorar os seus próprios produtos [1, 3].

Segundo a norma portuguesa NP 41, tinta é a "composição pigmentada líquida, pastosa ou sólida que, quando aplicada em camada fina sobre a superfície apropriada, no estado em que é fornecida ou após diluição, dispersão em produtos voláteis ou fusão, é convertível ao fim de certo tempo, numa película sólida, contínua, corada e opaca" [1, 4].

Na Figura 1 pode-se consultar quais os principais componentes de uma tinta e se integram o extrato seco ou o veículo volátil [1].

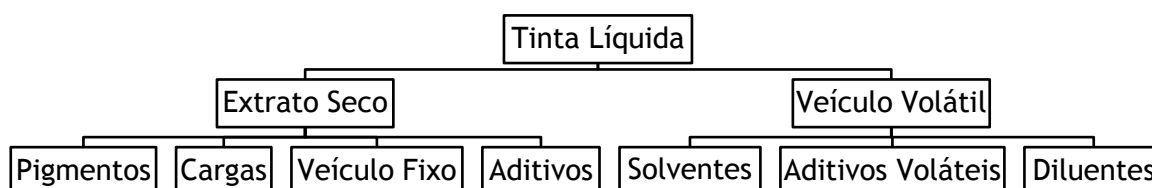


Figura 1 - Principais constituintes de uma tinta líquida [1, 4].

Os pigmentos são substâncias sólidas, em geral finamente divididas, praticamente insolúveis no veículo, empregues para modificar as propriedades óticas das tintas onde são incorporados, sendo a mais evidente a capacidade de obtenção de uma determinada cor. Contudo, pode-se também recorrer a um pigmento por forma a conferir opacidade a uma tinta, já que estas são habitualmente utilizadas para obliterar as superfícies sobre as quais são aplicadas [1, 4, 5].

As características dos pigmentos devem-se à combinação de dois efeitos: absorção e difração da luz visível com a qual interagem. Como regra geral, a cor é determinada fundamentalmente pela absorção da luz, enquanto a opacidade resulta fundamentalmente da sua difração. Assim, pode-se afirmar que a cor de um pigmento é fundamentalmente influenciada pela sua estrutura química, enquanto a opacidade é fundamentalmente influenciada pelo índice de refração [1, 4].

Para além das propriedades óticas necessárias, os pigmentos devem ser capazes de suportar as influências dos meios em que são utilizados, devendo ser compatíveis com o meio ambiente, não nocivos para a saúde humana, ter um custo adequado às exigências de preço dos materiais onde vão ser incorporados e permitir obter as características desejadas, tais como brilho, resistência ao calor, resistência à corrosão e resistência química [1, 4, 5].

Os pigmentos, em termos químicos, podem ser classificados em orgânicos, quando a molécula é orgânica ou inorgânicos, quando a molécula do pigmento é constituída por um óxido metálico ou por um sal metálico de um ácido inorgânico [1, 4].

Relativamente às cargas, segundo a norma portuguesa NP 41, estas são "substâncias que sob a forma de partículas mais ou menos finas, de fraco poder de cobertura, insolúveis nos veículos", são utilizadas em tintas a fim de lhes modificar determinadas propriedades como o preço, a permeabilidade da película, a resistência química, o brilho, a sedimentação, a resistência à abrasão, o comportamento anticorrosivo e a viscosidade [1, 5].

O veículo fixo, parte não volátil dos componentes das tintas que permitem a formação de uma película sólida, é essencialmente constituído por óleos e resinas. Estas resinas, substâncias orgânicas sólidas, semissólidas ou líquidas, amorfas, termoplásticas ou termoendurecíveis, más condutoras da eletricidade, em geral insolúveis na água, mas solúveis em certos solventes orgânicos, têm um papel preponderante nas características finais do veículo fixo, uma vez que são capazes de aglutinar os outros componentes e conferir a maioria das propriedades físicas e químicas [1, 4, 6].

Relativamente aos solventes, pode dizer-se que, nas condições normais de secagem, se tratam de líquidos voláteis capazes de dissolver o veículo fixo das tintas, conferindo à tinta homogeneidade e a viscosidade adequada [1, 4].

Por sua vez, os diluentes correspondem ao líquido volátil, parcial ou totalmente miscível com o veículo, que adicionado a uma tinta, durante o processo de fabrico ou no momento da aplicação, lhe reduz a viscosidade [1, 4, 5].

Ao invés dos pigmentos, das cargas e do veículo, existem uma diversidade de produtos que são utilizados em pequenas quantidades, designados por aditivos, a fim de facilitar o fabrico, melhorar a estabilidade da tinta na armazenagem, facilitar a aplicação e resolver defeitos que possam aparecer na película de tinta [1, 4-6].

Os aditivos mais comuns podem ser: bactericidas, fungicidas e algicidas, secantes, agentes anti-pele, estabilizadores do comportamento dos revestimentos expostos à luz solar, molhantes e dispersantes, agentes tixotrópicos e anti-sedimento, agentes anti-espuma, entre outros [1, 4, 5].

## 2.1 Propriedades Reológicas

Tendo em conta os objetivos a que se propõe esta dissertação, é essencial perceber a importância dos agentes tixotrópicos e anti-sedimento, já que estes são preponderantes nas propriedades reológicas das tintas [4, 7].

Embora correntemente se designe um líquido viscoso como espesso e um líquido pouco viscoso como fluído, quando se pretende caracterizar tecnicamente um líquido é necessário quantificar as propriedades reológicas do mesmo. Isto significa que é essencial estudar como é que os materiais se deformam e fluem sob a influência de força externas.

Habitualmente recorre-se a um modelo reológico, como o da Figura 2, apresentado pela primeira vez por Isaac Newton, onde se considera um líquido contido entre dois planos paralelos, sujeito a uma força,  $F$ , tangencial ao plano superior de área  $A$ . A força que atua por unidade de área é designada por tensão de corte ou tensão de cisalhamento,  $\tau$ , Equação (1) [1, 8-11].

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (1)$$

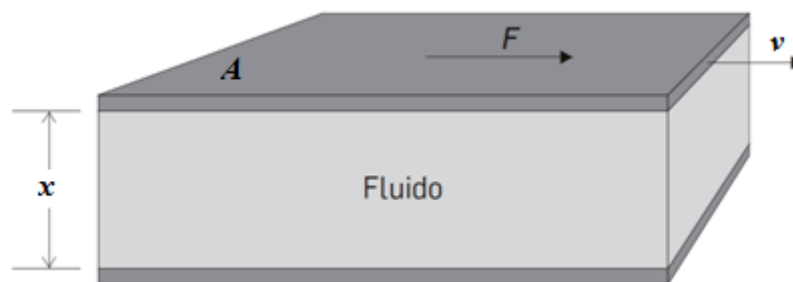


Figura 2 - Modelo reológico típico (adaptada de [11]).

Admitindo que os dois planos se encontram a uma distância  $x$  entre eles, que o plano inferior é fixo e o plano superior é móvel, quando se aplica uma força,  $F$ , verifica-se que o plano superior se move a uma velocidade  $v$  na direção da força. Por sua vez, as camadas de líquido entre os dois planos, deslocam-se a velocidades diferentes na mesma direção. Na Figura 3, pode-se observar um exemplo de um perfil linear de velocidades entre os dois planos [1, 9, 11].

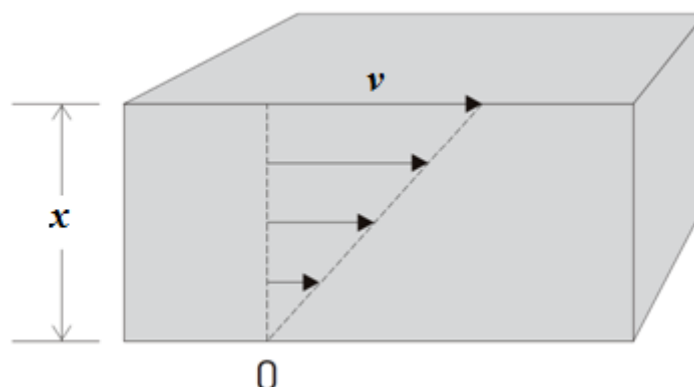


Figura 3 - Exemplo de perfil de velocidades do líquido contido entre os dois planos (adaptado de [11]).

A taxa de deformação de corte,  $\dot{\gamma}$ , também designada somente por taxa de corte, é definida através da Equação (2), isto é como sendo a razão entre a velocidade e a distância entre os dois planos [1, 9, 11].

$$\dot{\gamma} = \frac{v}{x} \quad (2)$$

Pode-se assim definir uma das propriedades de um fluido, a viscosidade ou viscosidade dinâmica,  $\mu$ . Esta, não é nada mais nada menos do que a razão entre a tensão de corte e a taxa de corte, Equação (3) e é habitualmente expressa em Pa.s [1, 11, 12].

$$\mu = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \quad (3)$$

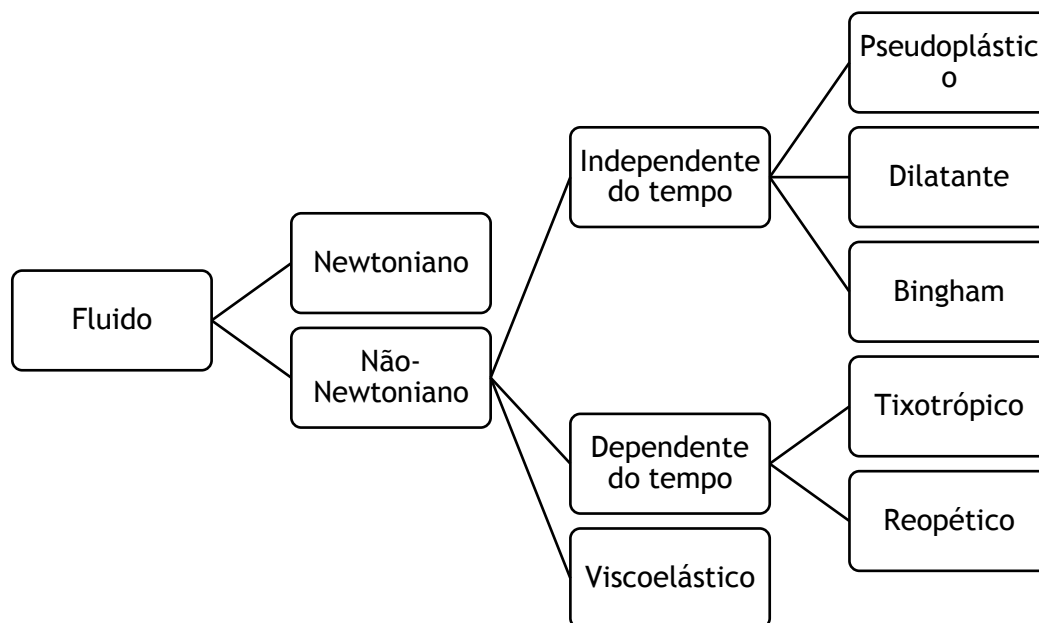


Figura 4 - Classificação de fluidos tendo em conta o seu comportamento reológico [11, 13].

De acordo com a Figura 4, um fluido pode ser classificado de diferentes modos. Tendo em conta a relação proporcional ou não proporcional entre a tensão de corte e a taxa de corte, podem-se classificar os fluidos como Newtonianos e não-Newtonianos. Um fluido Newtoniano é aquele em que é possível estabelecer uma relação de proporcionalidade direta entre a variação da velocidade na direção normal ao escoamento ( $dv/dx$ ) e a tensão de corte. O mesmo significa dizer que a viscosidade de um fluido newtoniano se mantém, qualquer que seja a tensão de corte exercida sobre ele. Por sua vez, um líquido que não apresente esta relação de proporcionalidade, designa-se por fluido não-Newtoniano, podendo a taxa de corte estar única e exclusivamente dependente da tensão de corte ou depender também do tempo que o fluido esteve sujeito a forças ou ser viscoelástico [1, 9, 11-13].

Relativamente aos fluidos com comportamento independente do tempo, estes podem ser considerados como pseudoplásticos, dilatantes ou de Bingham. Caso sejam dependentes do tempo, estes podem ser tixotrópicos ou reopéticos. Pelo facto de, para fluidos não-Newtonianos, a variação da velocidade na direção normal ao escoamento ( $dv/dy$ ) não ser proporcional à tensão de corte, é habitual designar-se a viscosidade por viscosidade aparente. Esta trata-se de um valor medido para determinadas condições de temperatura e taxa de corte [1, 9, 11, 13].

Num fluido pseudoplástico, a razão  $\frac{\tau}{dv/dy}$  diminui para valores crescentes da tensão de corte aplicada. Caso a razão  $\frac{\tau}{dv/dy}$  aumente para valores crescentes de tensão de corte

aplicada, o fluido designa-se por dilatante. Um fluido de Bingham é aquele que apresenta uma resistência elevada para baixas tensões de corte, isto é, só entra em escoamento quando se aplica uma tensão superior à tensão de cedência,  $\tau_0$ . Relativamente aos fluidos que apresentam, ao longo do tempo, variações de velocidade na direção normal ao escoamento quando sujeitos a uma tensão de corte, estes designam-se por tixotrópicos e reopéticos quando a sua viscosidade diminui ou aumenta ao longo do tempo, respetivamente. Para além disso, os fluidos tixotrópicos são caracterizados pelo facto de apresentarem um comportamento reológico diferente quando aplicada uma variação de valores de tensão de corte ascendente e descendente. A área da histerese de um gráfico equivalente ao presente na Tabela 1 para um fluido tixotrópico permite compreender o grau de tixotropia de um produto. Na Tabela 1, pode-se constatar os diferentes comportamentos do fluido quando sujeito a diferentes tensões de corte ou com variações no tempo [1, 9, 11].

Tabela 1 - Comportamento reológico de diferentes fluidos [8].

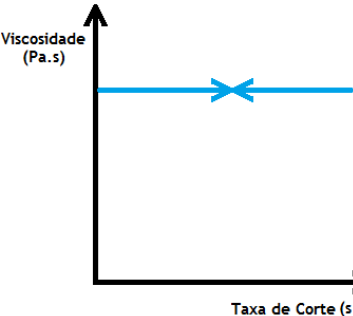
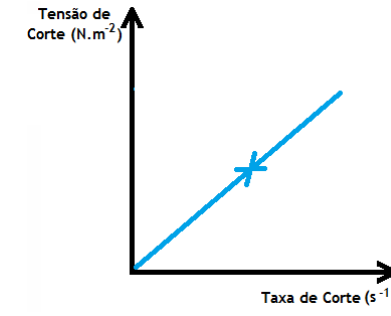
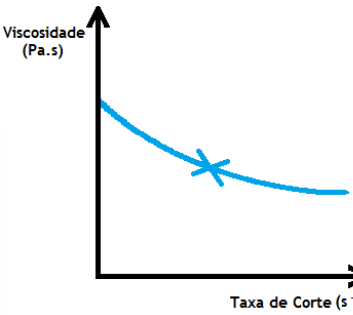
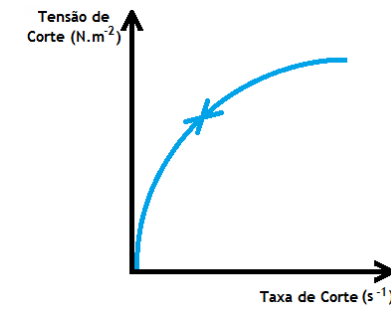
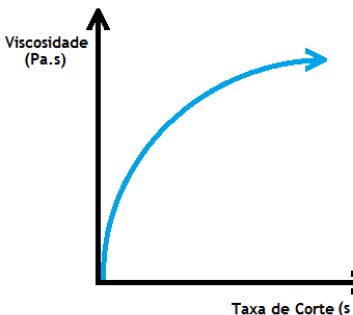
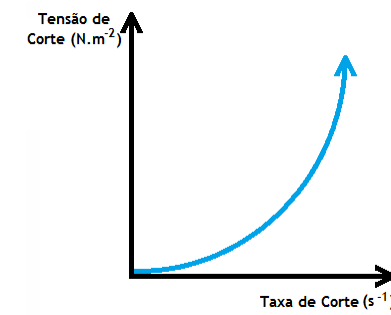
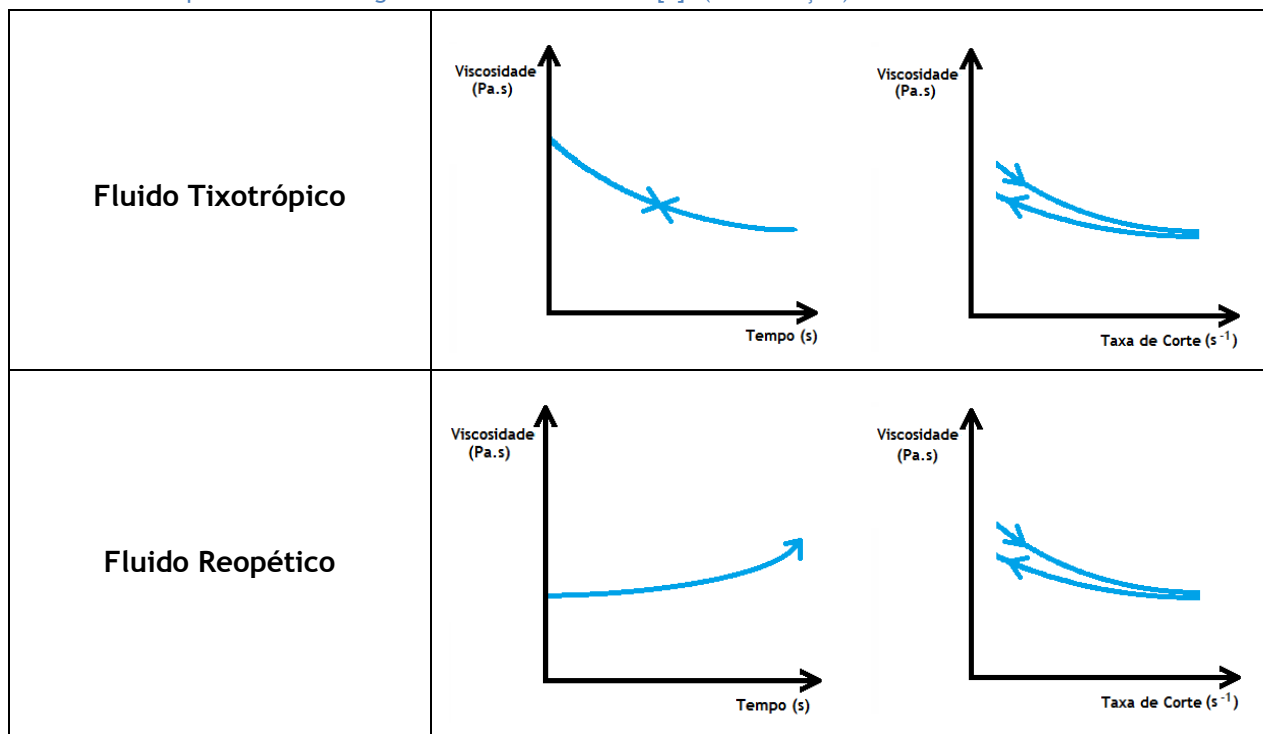
<p><b>Fluido Newtoniano</b></p>		
<p><b>Fluido Pseudoplástico</b></p>		
<p><b>Fluido Dilatante</b></p>		

Tabela 1 - Comportamento reológico de diferentes fluidos [8]. (continuação)



As tintas são um exemplo de um fluido tixotrópico com um comportamento tendencialmente pseudoplástico. O facto da viscosidade de uma tinta diminuir à medida que se aplicam maiores taxas de corte, confere-lhes um efeito desejado, uma vez que para taxas de corte elevadas, fase de aplicação do produto, a viscosidade das tintas é baixa facilitando o espalhamento e a aplicação e, por outro lado, para razões de corte baixas, fases de armazenamento, transporte e secagem após aplicação, a tinta apresenta valores de viscosidade mais elevados, dificultando a sedimentação dos pigmentos e a formação de escorridos. Como referido anteriormente, um fluido tixotrópico apresenta um comportamento reológico diferente quando aplicada uma variação de valores de tensão de corte ascendente e descendente, o que permite que uma tinta, após aplicação, tenha uma recuperação de viscosidade diferente de quando aplicada, permitindo que o formulador da tinta a aperfeiçoe de modo a reduzir salpicos, escorrimentos e melhorar o nivelamento [1, 8, 11].

Embora este comportamento se deva essencialmente à incorporação de aditivos tixotrópicos nas tintas, o comportamento destas não é exclusivamente determinado por estes componentes. É importante considerar, para valores elevados de taxa de corte, a influência dos pigmentos, das cargas, dos veículos e dos solventes na viscosidade da tinta [1].

Assim, para baixas razões de corte, isto é, nas fases de armazenamento, transporte e após aplicação, por forma a solucionar os problemas de deposição dos pigmentos e a formação de escorridos e melhorar a aparência final da pintura, é essencial a incorporação de

aditivos espessantes, devendo esta ser controlada, uma vez que poderá provocar a formação de espumas e dificultar o espalhamento da tinta no momento da aplicação [1, 4].

## 2.2 Espessantes

De acordo com o comportamento pretendido de uma tinta antes, durante e após na fase de aplicação, recorre-se à utilização de diferentes espessantes. Idealmente, uma tinta deve apresentar elevada estabilidade durante a armazenagem, por forma a evitar a sedimentação de pigmentos e cargas, durante a aplicação, a viscosidade deve ser menor, para que a aplicação por rolo, trincha ou pistola possa ser facilitada, e, após a aplicação, não deve recuperar a viscosidade demasiado depressa, para que possa ser retificado o nivelamento, mas também não pode demorar muito tempo a recuperá-la, já que pode ocorrer escorrimento. Já que as diferentes etapas pelas quais uma tinta passa (armazenamento, transporte, mistura, aplicação a rolo, trincha ou pistola) estão associadas a diferentes taxas de corte (ver Figura 5), pode-se, através de um estudo reológico, prever o seu comportamento, em cada uma dessas fases [1, 8, 14].

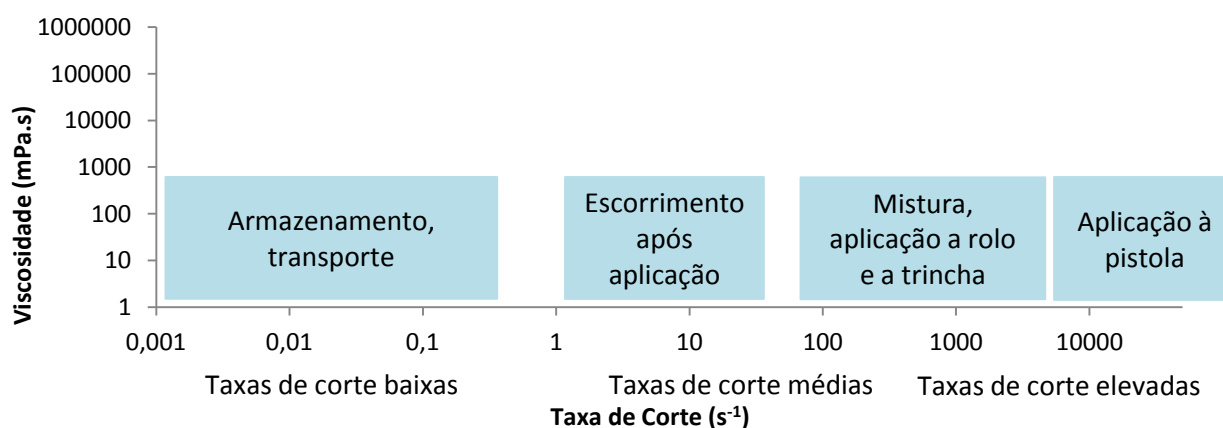


Figura 5 - Diferentes etapas pelas quais uma tinta passa e respetivas taxas de corte [1, 8, 14].

Por forma a conferir esse comportamento desejado a uma tinta, recorre-se a diferentes tipos de espessantes, cujos modos de atuação são diferentes entre si [8, 15].

Os agentes tixotrópicos mais comumente utilizados como espessantes em tintas de base aquosa são os celulósicos, os inorgânicos, os associativos e os acrílicos [1, 4, 8, 15].

Relativamente aos espessantes celulósicos, os mais utilizados são: carboximetilcelulose, CMC, carboximetilhidroxietilcelulose, CMHEC, hidroxietilcelulose, HEC, etilhidroxietilcelulose, EHEC, metilcelulose, MC, metilhidroxietilcelulose, MHEC,



hidroxipropilcelulose, HPC, hidroxipropilmetilcelulose, HPMC, e metilhidroxipropilcelulose, MHPC. Sendo que este tipo de aditivos são utilizado essencialmente na formulação de produtos de base aquosa [1, 4].

O recurso a diferentes espessantes celulósicos permite obter tintas com diferentes viscosidades, isto é, sempre que se necessitar de maior viscosidade num produto, deve-se utilizar um aditivo com maior peso molecular. Contudo, é necessário não esquecer que a viscosidade aumenta com a diminuição da temperatura [1].

Sendo a base destes produtos a celulose, os seus polímeros podem ser degradados por ataques biológicos, tornando-se fundamental a utilização de bactericidas. Para além disso, são sensíveis a variações de pH, apresentando viscosidades mais estáveis para valores de pH entre 7 e 9. A este problema acrescem outros como o facto destes compostos dificultarem o nivelamento das marcas do pincel, uma vez que conferem à tinta elevadas viscosidades para baixas tensões de corte, e o facto de provocarem flocculação e, conseqüente, redução do brilho da tinta [1, 9].

Com origem natural ou sintética, os espessantes inorgânicos provêm da argila esmectite e apresentam uma estrutura tridimensional, que, para baixas taxas de corte, lhes conferem um aumento da viscosidade. Tal como se verifica na Figura 6, esta estrutura tridimensional deve-se ao equilíbrio entre as forças de atração, forças de Van der Waals, e as forças de repulsão, forças eletrostáticas. Contudo, esta estrutura desfaz-se quando aplicadas forças externas, facilitando a aplicação da tinta onde o espessante é incorporado. O facto deste tipo de aditivos permitir à estrutura tridimensional refazer-se, mal se cesse a aplicação de forças de corte, impede a formação de escorridos. Para além destes benefícios, a incorporação de espessantes inorgânicos nas tintas, permitem que esta apresente um bom comportamento na armazenagem e transporte, pois originam o aparecimento de um valor de cedência e que possa ser aplicada à pistola, já que se verifica uma perda de viscosidade após a aplicação de forças de corte [1, 4].

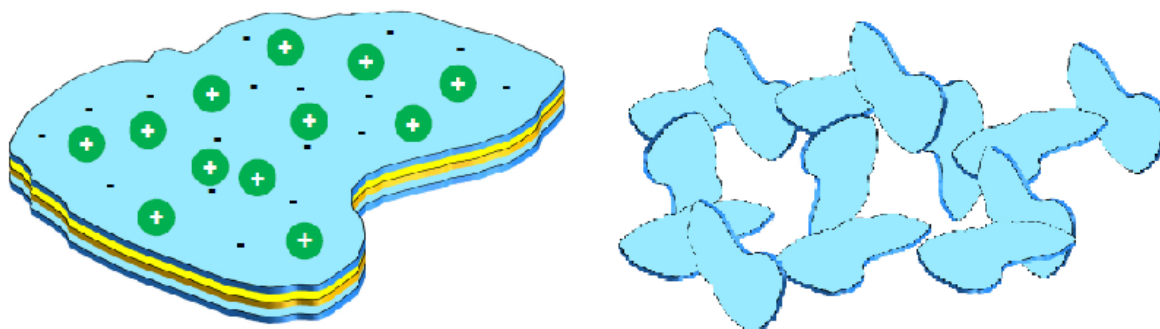


Figura 6 - Estrutura tridimensional da esmectite (adaptado de [15]).

Os espessantes inorgânicos são habitualmente utilizados em tintas de base aquosa, contudo, se forem modificados com compostos orgânicos, podem ser utilizados para espessar tintas de base solvente [1, 4].

Quanto aos espessantes associativos, os mais comuns são o copolímero não iónico de "uretano etoxilado" hidrofobicamente modificados, HEUR, as emulsões de polímeros acrílicos solúveis em meio alcalino e modificadas hidrofobicamente, HASE, e hidroxietilcelulose modificada hidrofobicamente, HMHEC. Caraterizam-se por serem polímeros solúveis ou com a capacidade de incharem em meio aquoso e a sua forma de atuação deve-se ao facto da sua molécula possuir uma parte hidrofóbica e outra hidrofílica [1, 4, 8].

Tal como se pode verificar na Figura 7, a parte hidrofóbica da molécula de espessante tem um papel preponderante, já que é esta que se associa a partículas da emulsão, como pigmentos e resina, aumentando a viscosidade do produto, enquanto que a parte hidrofílica interage com as dispersões de polímeros utilizadas como agentes aglutinantes. Deste modo, o comprimento do grupo hidrofóbico influencia a força do efeito associativo, assim como a cinética de troca, estando diretamente relacionado com o ritmo a que as pontes associativas se quebram e se formam [1, 4, 8, 15, 16].

Por vezes, os espessantes tradicionais são substituídos pelos espessantes associativos pelo facto do peso molecular destes, ao contrário do espessantes celulósicos, não estar diretamente relacionado com o espessamento que estes provocam na tinta. Assim, podem-se utilizar espessantes com peso molecular inferior, reduzindo os custos associados à formulação de uma tinta e não comprometendo a sua qualidade no que diz respeito aos salpicos que esta possa provocar. Para além disso, esta substituição diminui o risco de floculação caraterístico do espessante tradicional devido à contração de volume por este provocado [1, 4, 8].

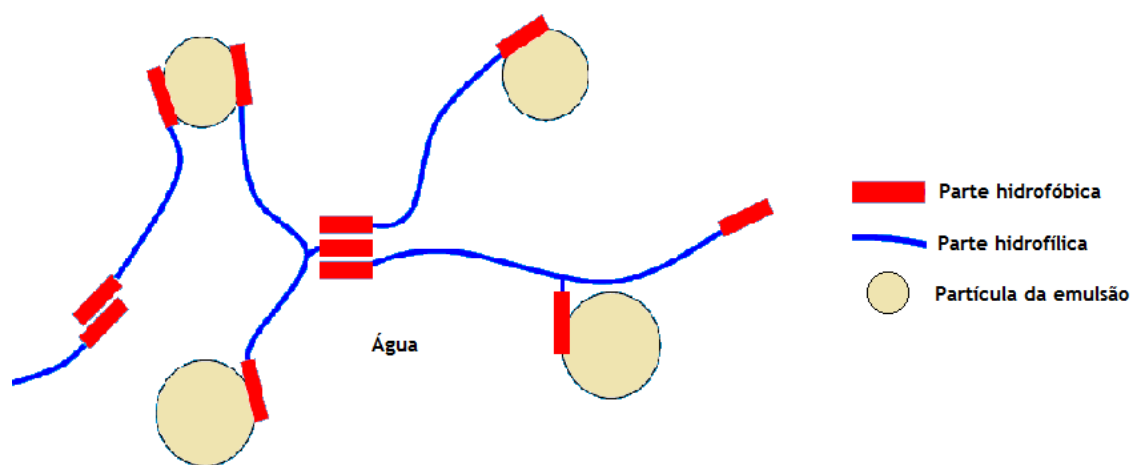


Figura 7 - Modo de atuação dos espessantes associativos (adaptado de [15]).

Pelo facto dos espessantes associativos diminuírem o risco de floculação e, embora sejam tixotrópicos, possuem um comportamento tendencialmente mais próximo do Newtoniano do que outros tipos de espessantes, são habitualmente utilizados na formulação de produtos com melhor espalhamento e com brilho final. Contudo, esta capacidade associativa está dependente da natureza e da concentração das partículas dispersas na formulação, conduzindo a um comportamento reológico diferente consoante o molhante, o dispersante e os solventes utilizados [1, 8].

Relativamente aos espessantes acrílicos, estes somente conferem um aumento da viscosidade a uma tinta na gama de pH alcalinos, já que os monómeros ácidos, presentes ao longo da cadeia, ionizam e permitem que o polímero se torne solúvel. Como se pode verificar pela Figura 8, quando é adicionado um espessante acrílico a soluções cujo pH seja superior a 7, as cadeias poliméricas do espessante desenrolam-se, permitindo que estas envolvam as partículas da mistura, espessando-a. Quando este tipo de espessante é utilizado em soluções com pH inferior a 7, as cadeias poliméricas do espessante não se desenrolam e este não tem efeito nenhum na mistura [8, 14].

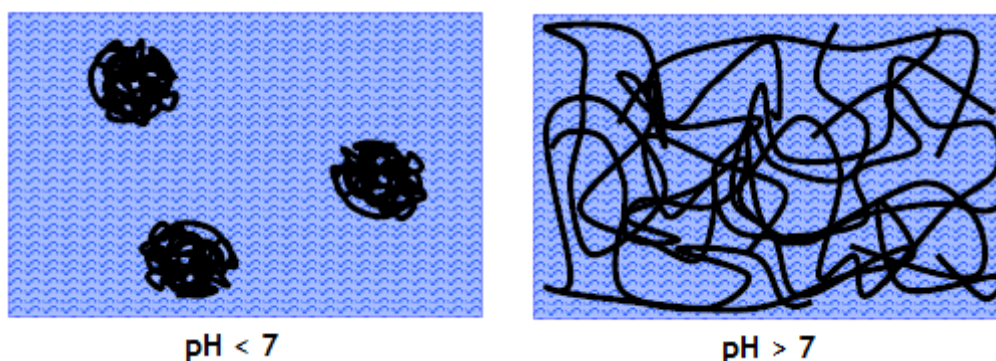


Figura 8 - Comportamento de um espessante acrílico em meio ácido e em meio básico (adaptado de [14]).

De acordo com o supra referido, a utilização de diferentes espessantes permite obter tintas cujos comportamentos reológicos são diferentes. Torna-se, assim, fulcral estudar a influência deste tipo de espessantes no comportamento reológico de uma tinta.



### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1 Matérias-primas utilizadas

Tal como referido no Subcapítulo 2.2, a utilização de diferentes espessantes numa mesma base aquosa, permite obter tintas com comportamentos distintos, antes, durante e após a fase de aplicação. Assim, foram selecionados diferentes espessantes, habitualmente utilizados pela Barbot e dois potenciais novos espessantes, por forma a compreender a sua influência em diferentes resinas. Na Tabela 2, encontram-se todos os espessantes e resinas analisados e as respetivas viscosidades, teor de sólidos e densidades.

Tabela 2 - Designação comercial das resinas e espessantes testados e respetivas viscosidades, teor de sólidos e densidades.

Função	Tipo	Nome comercial	Viscosidade (mPa.s)	Teor de sólidos (%)	Densidade (g.cm <sup>-3</sup> )
Resina	Copolímero Estireno-Acrílico	Acronal 6716	300 - 1 000 (25 °C, 1%)	49,0 - 51,0	≈ 1,08
	Polímero Acrílico	Acronal A684	100 - 400 (25 °C, 1%)	49,0 - 51,0	≈ 1,08
	Copolímero de acetato de vinilo e éster vinílico do ácido versático	Polidisp 7241	1 500 - 3 500 (25 °C, 2%)	54 - 56	≈ 1,07 (20 °C)
Espessante	Celulósico - HEC	Natrosol 205 HHBR	3 400 - 5 500 (25 °C, 1%)	-	-
		Natrosol 205 MHBR	1 000 - 1 500 (25 °C, 1%)	-	-
		Natrosol 205 MBR	4 500 - 6 500 (25 °C, 1%)	-	-
		Natrosol HE3KB	3 000 - 4 000 (25 °C, 1%)	-	-
		Aqualon AQU D-5148	1 900 - 2 400 (25 °C, 1%)	-	-
	Celulósico - EHEC	Bermocoll EBM5500	5 000 - 6 500 (25 °C, 1%)	-	-
		Bermocoll Prime 2500	2 200 - 3 200 (25 °C, 1%)	-	-
	Bentonítico	Bentone EW	-	-	-
		Optigel CK	≤ 400 (5%)	-	-
	Associativo - ASE	Acrysol TT935	25	30	1,06
	Associativo - HASE	Rheovis HS1169	-	≈ 30	1,03
	Associativo - HEUR	Aquaflow NLS205	1 000 - 1 500 (25 °C)	17 - 18	1,05
		Optiflo L100	1 000 - 5 000 (23 °C)	19 - 21	-
		Rheovis PU1331	3 500 - 5 500 (25 °C)	17 - 19	0,98 - 1,08 (25 °C)
		Aquaflow XLS530	< 4 500	20	1,03
Aquaflow NHS 356		< 3 000	14	1,02	
	Rheolate 6008	1 000 - 4 000	25	1,05	

Para além das matérias-primas referidas na Tabela 2, ainda se utilizou uma solução de hidróxido de sódio a 10%.

### 3.2 Preparação de soluções de espessante

De acordo com as informações fornecidas pelos fabricantes dos diferentes espessantes, foi necessário preparar soluções de espessantes em água, para que estes pudessem ser integrados na resina. Assim, para todos os espessantes celulósicos e bentoníticos prepararam-se soluções de acordo com o procedimento seguinte:

1. Numa lata de 250 ml revestida, colocar 200 g de água.
2. Medir 2 g do espessante em pó para um vidro relógio, com exceção do espessante Natrosol 205 MBR, em que foram medidas 4 g.
3. Num agitador, adicionar lentamente o espessante em pó à água. Caso se esteja a preparar a solução de Aqualon AQU D-5148 adicionar umas gotas de uma solução de hidróxido de sódio para ativar a solução, como sugerido pelo fornecedor.
4. Aguardar 15 minutos a velocidade constante para que a solução homogeneize.
5. Após a agitação, retirar a amostra e reservá-la fechada até à sua utilização.
6. Limpar o agitador com água.

No que diz respeito aos espessantes associativos, estes foram utilizados tal qual foram fornecidos pelo fabricante.

### 3.3 Preparação de soluções de resina com espessante

De modo a avaliar-se a influência de um espessante na reologia de uma resina, foram preparadas cinco soluções de 1 a 5% de um determinado espessante numa dada resina.

A preparação das soluções de resina e espessante seguiu o procedimento abaixo descrito:

1. Numa lata de 0,75 L, medir 500 g de resina.
2. Em cada um dos cinco ensaios com o mesmo espessante e resina, adicionar 5, 10, 15, 20 e 25 g da solução de espessante previamente preparada, ou no caso dos espessantes associativos, o espessante tal qual é fornecido.
3. Colocar em agitação a velocidade constante e após 15 minutos retirar.

4. Reservar as soluções fechadas até futura utilização e limpar o agitador com água. Notar que qualquer teste a estes ensaios deve ser realizado no mínimo 24 horas após a agitação.

### 3.4 Análise reológica

Por forma a avaliar a influência de um espessante na reologia de uma resina realizaram-se testes num reómetro.

No que diz respeito à reologia de uma tinta, existem quatro tipos de testes que podem ser realizados: limite viscoelástico, 3ITT, *Flow Curve* e varrimento de frequências.

O teste do limite viscoelástico permite determinar a tensão máxima que se pode aplicar a uma amostra sem que ela deixe de se comportar como um material viscoelástico. Quanto ao teste do 3ITT, este permite conhecer-se a capacidade de uma amostra recuperar a sua viscosidade após deformação. Se o objetivo do teste for avaliar o nível tixotrópico de uma amostra e o seu comportamento para diversas taxas de corte, deve-se realizar o teste de *Flow Curve*. O teste de varrimento de frequências permite analisar o comportamento da tinta após um longo período de armazenamento.

A análise das amostras preparadas de acordo com o procedimento experimental descrito no Subcapítulo 3.3 recaiu sobre o teste de *Flow Curve*, pelo facto de se pretender comparar, para uma gama alargada de taxas de corte, o comportamento de uma resina com diferentes espessantes. Para este teste seguiu-se o procedimento experimental referido no Apêndice 1 e especificaram-se os seguintes parâmetros: temperatura de 25 °C, taxa de corte mínima 0,5 s<sup>-1</sup> e taxa de corte máxima 10 000 s<sup>-1</sup>. Notar que em alguns ensaios não foi possível analisar até a taxa de corte de 10 000 s<sup>-1</sup>, uma vez que, para valores tão elevados, as amostras eram projetadas e saíam fora da zona de análise.

### 3.5 Determinação da viscosidade no viscosímetro *ICI*

A avaliação da viscosidade para elevadas taxas de corte fez-se no viscosímetro *ICI* do seguinte modo:

1. Aquecer a amostra no banho-maria a 25 ± 1 °C.
2. Ligar o aparelho no botão  $\underline{\quad}$  situado na parte da frente do equipamento.

3. Colocar uma pequena quantidade de amostra no centro da plataforma.
4. Puxar a alavanca para baixo e pressionar o botão *Push to read*.
5. O valor de viscosidade pode ser registado quando estiver estabilizado.
6. Levantar a alavanca e limpar a plataforma e o rotor com acetona.
7. Desligar o viscosímetro no fim do dia de trabalho.

### 3.6 Determinação da viscosidade no viscosímetro *Stormer*

De modo a avaliar-se a viscosidade das diversas amostras para taxas de corte intermédias, realizaram-se testes no viscosímetro *Stormer*. Para tal, procedeu-se do seguinte modo:

1. Aquecer a amostra no banho-maria a  $25 \pm 1$  °C.
2. Ligar o aparelho no botão *On/Off* situado na parte de trás do equipamento.
3. A haste deve ser inserida no eixo do motor e atarraxar-se o parafuso existente.
4. Colocar o recipiente contendo a amostra na plataforma do viscosímetro e centrá-lo.
5. Selecionar o botão *Enter* e de seguida pressionar o botão *Down* para baixar o rotor até que a marca inscrita neste coincida com o nível da tinta.
6. Carregar no botão *Start* para iniciar a leitura.
7. Pode-se registar o valor quando este estabilizar e carregar no botão *Stop* para parar a leitura.
8. Selecionar o botão *Up* para subir o rotor e retirar o recipiente com a amostra da plataforma.
9. De seguida desatarraxar o parafuso com uma mão e segurar a haste com a outra. Lavá-la com água e coloca-la junto à plataforma.
10. Desligar o viscosímetro no fim do dia de trabalho.

### 3.7 Determinação da viscosidade no viscosímetro

#### *Brookfield*

A viscosidade dos ensaios para baixas taxas de corte foi determinada no viscosímetro *Brookfield*, de acordo com o procedimento seguinte:

1. Aquecer a amostra no banho-maria a  $25 \pm 1$  °C.



2. Caso seja a primeira utilização diária, é necessário realizar o autozero. Para tal, deve verificar-se o nivelamento do viscosímetro e, se for preciso algum ajuste, deve-se utilizar os parafusos de nível. Ligando o aparelho no botão On/Off situado na parte de trás, aguardar pela mensagem *Remove spindle/Press any key*. Retirar a haste e pressionar qualquer botão. Quando no visor surgir a mensagem *Replace Spindle/Press any key*, pressionar qualquer botão. O autozero está concluído.
3. De seguida, aparafusar a haste no eixo do motor. Levantar ligeiramente o eixo, segurando-o firmemente com uma mão, enquanto aparafusa a haste com a outra (a haste aparafusa para o lado esquerdo). Evitar dar golpes laterais no eixo do motor.
4. Introduzir o código da haste pressionando a tecla Select Spindle, procurando o número da haste com as setas ↑ e ↓ e pressionar novamente a tecla Select Spindle para validar a seleção.
5. Para selecionar a velocidade desejada, pressionar as setas ↑ e ↓ até aparecer no canto inferior esquerdo do visor o valor desejado. Para validar, pressionar o botão Set Speed.
6. Colocar a amostra na base e centrá-la com a haste.
7. Baixar a cabeça do viscosímetro até que a marca inscrita na haste se encontre ao nível da tinta. Caso seja utilizada uma haste de disco, é por vezes necessário inclinar ligeiramente a amostra para evitar que durante a imersão da haste fiquem retidas bolhas de ar na superfície desta.
8. Para medir a viscosidade, pressionar o botão Motor On/Off. O valor da viscosidade medida aparece no canto superior esquerdo do visor. Deixe o valor estabilizar e registre-o. Para uma maior precisão deve evitar-se leituras em que o torque, valor no canto inferior direito do visor, seja inferior a 10%.
9. Após a leitura, parar o viscosímetro pressionando novamente a tecla Motor On/Off.
10. Quando no canto inferior esquerdo aparecer *Off*, remover a haste.
11. Limpar a haste com água e coloca-la novamente no estojo de armazenamento.
12. Desligar o viscosímetro no fim do dia de trabalho.

Caso não seja especificada a haste e a velocidade de rotação deve-se experimentar combinações entre elas com o objetivo de obter um torque entre 10 e 100%, sendo que deve ser o mais próximo possível de 50%. Se a leitura obtida for maior que 100%, aparecerá no visor EEEE, e deverá diminuir-se ao valor da velocidade e/ou escolher uma haste com um diâmetro menor. Se pelo contrário o torque for inferior a 10%, deverá selecionar-se uma velocidade maior e/ou uma haste com um diâmetro maior.

### 3.8 Preparação das soluções de tinta Dioplaste Branco com diferentes espessantes

Tendo por base o estudo descrito no Subcapítulo 3.4 e sabendo que a resina utilizada no Dioplaste Branco é a Polidisp 7241 e o espessante é o Optiflo L100 e encontra-se em 4%, sob a resina, comparou-se o comportamento reológico desta resina com o espessante referido com o comportamento dos outros espessantes nesta mesma resina. Os espessantes que conferiram à resina um comportamento reológico semelhante ao Optiflo L100 foram selecionados de modo a serem utilizados nestes ensaios.

Por forma a que os testes realizados fossem o mais possível fieis ao que acontece realmente na produção, pediu-se ao departamento de produção da fábrica uma lata de 15 L desta tinta sem o espessante Optiflo L100.

Os ensaios referentes à tinta Dioplaste Branco foram preparados da seguinte maneira:

1. Numa lata de 500 mL, medir 500 g da tinta sem espessante enviada pela produção.
2. Adicionar a quantidade de espessante que, de acordo com os resultados obtidos no reómetro, confere à resina o mesmo comportamento reológico que o espessante Optiflo L100. Na Tabela 3, encontram-se os ensaios preparados.

Tabela 3 - Preparação dos ensaios da tinta Dioplaste Branco - quantidade de espessante.

Ensaio	Composição	Quantidade de espessante em 500 g de base (g)
D1	Dioplaste Branco com 4% de Optiflo L100 sob resina	-
D2	Dioplaste Branco sem Optiflo L100 com 5,5% de Aquaflow NHS 356 sob resina	3,47
D3	Dioplaste Branco sem Optiflo L100 com 1% de Rheolate 6008 sob resina	0,63
D4	Dioplaste Branco sem Optiflo L100 com 1,5% de Rheolate 6008 sob resina	0,95
D5	Dioplaste Branco sem Optiflo L100 com 6% de Aquaflow NHS 356 sob resina	3,79
D6	Dioplaste Branco sem Optiflo L100 com 5% de Aquaflow NHS 356 sob resina	3,16

3. Colocar em agitação a velocidade constante e após 15 minutos retirar.
4. Reservar as soluções fechadas até futura utilização e limpar o agitador com água.

### 3.9 Preparação das soluções de tinta Barbocril Branco com diferentes espessantes

Na preparação das soluções de tinta Barbocril Branco com diferentes espessantes foram tidos em consideração os mesmos pontos referidos no Subcapítulo 3.8. Na composição do Barbocril Branco encontra-se a resina Acronal A684 e 1%, sob a resina, o espessante Optiflo L100. Assim, selecionaram-se os espessantes que conferiam à resina Acronal A684 uma viscosidade semelhante à que o Optiflo L100 conferia para toda a gama de taxas de corte.

Pelo mesmo motivo que o Dioplaste Branco, também se pediu à produção da fábrica uma lata de 15 L de Barbocril Branco sem o espessante Optiflo L100. Para além disso, pediu-se à produção uma lata de 5 L do produto acabado, ensaio B1. Verificou-se que o produto aprovado e enviado continha, na sua fórmula final, mais água. Assim, para os ensaios comparativos desta tinta foi necessário adicionar água na mesma proporção.

Os ensaios referentes à tinta Barbocril Branco foram preparados do mesmo modo que os ensaios referentes ao Dioplaste Branco, procedimento experimental descrito no subcapítulo anterior. Na Tabela 4 constam as quantidades de espessante e água adicionadas à tinta Barbocril Branco sem espessante enviada pela produção.

Tabela 4 - Preparação dos ensaios da tinta Barbocril Branco - quantidade de espessante e água.

Ensaio	Composição	Quantidade de espessante em 500 g de base (g)	Quantidade de água em 500 g de base (g)
B1	Barbocril Branco com 1% de Optiflo L100 sob resina (enviado pela produção)	-	-
B2	Barbocril Branco sem Optiflo L100 com 1% de Aquaflow NHS 356 sob resina	1,55	7
B3	Barbocril Branco sem Optiflo L100 com 0,5% de Rheolate 6008 sob resina	0,78	7
B4	Barbocril Branco sem Optiflo L100 com 1% de Rheolate 6008 sob resina	1,55	7

### 3.10 Seleção das tintas

De modo a selecionarem-se as tintas, cujo comportamento fosse semelhante ao padrão, realizaram-se teste de *Flow Curve* de acordo com o procedimento descrito no Apêndice 1. Assim, selecionaram-se dois ensaios, cada um com um dos espessantes em estudo, os quais foram sujeitos aos testes mencionados nos Subcapítulos 3.11 a 3.13.

### 3.11 Determinação do brilho, brancura e opacidade

O brilho, a brancura e a opacidade são alguns dos parâmetros que devem ser controlados quando se pretende substituir algum dos componentes de uma tinta. O brilho corresponde à impressão visual causada pelas propriedades refletoras da superfície de uma película de tinta. Quanto à brancura, esta permite avaliar a maior ou menor proximidade de um objeto à cor branca. Por oposição, a opacidade trata-se da maior ou menor capacidade de uma película de tinta para obliterar a cor ou as diferenças de cor do substrato. Assim, prepararam-se cartas de contraste e cartas xadrez para os ensaios do seguinte modo:

1. Preencher corretamente os dados requeridos nas cartas de contraste e nas cartas xadrez para os dois ensaios padrão e todos os ensaios selecionados.
2. Nas três cartas de contraste, com um aplicador de 100  $\mu\text{m}$ , aplicar o ensaio padrão e os dois ensaios selecionados pelo método descrito no Subcapítulo 3.10. Deixar secar. Entre cada aplicação, o aplicador deve ser corretamente limpo com água e seco.
3. Pesquisar todas as cartas xadrez e registar o seu valor.
4. Nas três cartas de xadrez, aplicar horizontalmente os ensaios padrão e os quatro ensaios selecionados, com um rolo anti-gota seguindo os procedimentos corretos de pintura (espalhamento da tinta, pintura no sentido ascendente, seguida de pintura no sentido horizontal e terminando com pintura no sentido ascendente) até se achar que a quantidade de tinta é suficiente. Pesquisar a quantidade de tinta aplicada e registar o valor. Deixar secar. Entre cada aplicação, o rolo deve ser corretamente limpo e enxaguado.
5. Após as cartas xadrez estarem secas, aplicar uma segunda demão, deixando sempre um friso em que se possa avaliar o resultado da primeira demão. Voltar a pesar e registar a quantidade de tinta deixada pela segunda demão. Deixar secar. Entre cada aplicação, o rolo deve ser corretamente limpo e enxaguado.
6. Todas as cartas aplicadas devem ser analisadas no espectrofotómetro. Registar os valores de brancura e opacidade obtidos para cada carta, sendo que estes valores referentes à carta xadrez devem corresponder a uma média de 3 pontos.
7. Avaliar com um brilharómetro, o brilho das diversas películas de tinta a 20, 60 e 85°. Notar que estes valores também correspondem à média de 3 leituras. Registar os valores obtidos.

Na prática, sabe-se que quando uma tinta é adquirida pelo cliente, este, antes de a aplicar, dilui-a. Assim, foram também aplicadas a rolo anti-gota as diluições de 5 e 10% dos ensaios que apresentavam melhores resultados.

### 3.12 Análise da lacagem

De modo a avaliar-se a lacagem das diversas tintas em estudo, procedeu-se do seguinte modo:

1. Preencher corretamente os dados requeridos nas cartas de contraste para todos os ensaios selecionados.
2. Pesar cada uma das cartas e registar o valor.
3. Com uma trincha, aplicar cada um dos ensaios, na carta correspondente de acordo com os procedimentos corretos de pintura (espalhamento da tinta, pintura no sentido ascendente, seguida de pintura no sentido horizontal e terminando com pintura no sentido ascendente) até se achar que a quantidade de tinta é suficiente. Pesar todas as cartas e registar a quantidade de tinta presente em cada uma delas. Deixar secar. Entre cada aplicação, a trincha deve ser limpa corretamente e seca.
4. Avaliar visualmente a lacagem de cada uma das tintas. Pedir opinião sobre qual a tinta que apresenta melhor lacagem. Com as diversas opiniões, selecionar a tinta Dioplaste e Barbocril Brancos que apresentem melhor lacagem.

Pelo mesmo motivo referido no subcapítulo anterior, aplicaram-se ainda à trincha as diluições de 5 e 10% dos ensaios que apresentavam melhores resultados.

### 3.13 Teste de escorrido

Tal como o próprio nome indica, este teste permite avaliar a partir de que micragem uma tinta escorre. Assim, procedeu-se da seguinte maneira:

1. Identificar uma folha de papel Melinex para cada um dos ensaios.
2. Marcar na folha os limites e o valor de micragem de cada aplicação.
3. Aplicar cada um dos ensaios com o aplicador de escorrido de 300 a 450  $\mu\text{m}$ .
4. Terminada a aplicação, colocar a folha de Melinex na vertical, com a disposição da Figura 9 e deixar secar.
5. Após seco, avaliar se escorreu e se tal aconteceu, a partir de que micragem.

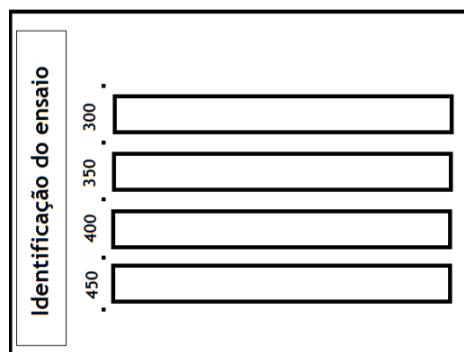


Figura 9 - Disposição vertical em que o teste de escorrido deve ser colocado.

### 3.14 Teste de nivelamento

Este teste permite analisar a capacidade de nivelamento de uma tinta após aplicação. Seguiu-se o esquema abaixo indicado:

1. Identificar uma folha de papel Melinex para cada um dos ensaios.
2. Marcar na folha os limites e o valor de micragem de cada aplicação.
3. Aplicar cada um dos ensaios com o aplicador de nivelamento de 0,1 a 1 mm.
4. Terminada a aplicação, deixar secar a folha de Melinex na horizontal.
5. Após a secagem, avaliar se a tinta nivelou e para que micragem.

### 3.15 Teste de absorção de água

Este ensaio tem como objetivo determinar a absorção de água pelos filmes de tinta ao longo do tempo e a perda de peso pela ação de lavagem da água.

Sendo que o Dioplaste Branco é somente utilizado em interiores, o teste de absorção de água foi realizado apenas para o Barbocril Branco. O procedimento experimental seguido foi:

1. Com o aplicador de 1000  $\mu\text{m}$ , fazer dois provetes de cada ensaio da tinta plástica Barbocril Branco sobre uma placa de metal revestida. Um dos provetes corresponderá aos ensaios cujo tempo de cura são 24h e o outro provete corresponderá aos ensaios com 9 dias de cura.
2. Deixa-se secar no laboratório físico, onde a temperatura e humidade são controladas ( $25\pm 2$  °C e  $50\pm 2\%$ ).

3. Após o tempo de cura respectivo, cortar quatro quadrados do provete com as dimensões de 4 x 4 cm.
4. Pesar na balança de precisão os quadrados e registar o valor (peso inicial). De seguida introduzi-los em água, durante 24h.
5. Passado esse tempo, retirar os provetes, seca-los ligeiramente com dois panos absorventes só para retirar o excesso de água e pesa-los (peso final).
6. Deixar a secar durante 24 horas no laboratório físico e voltam-se a pesar (peso inicial 2).
7. Repete-se então todo o processo, a partir do ponto 4. Os valores obtidos serão uma média.

Notar que, caso o processo de retirada do provete da água não coincida com um dia útil, é aconselhável que o provete fique a secar durante esse período, já que é preferível o provete estar um longo período de tempo em fase de secagem do que em fase de absorção de água.





## 4. Discussão de resultados

Sendo o foco deste trabalho, a determinação da influência do tipo de espessante na reologia das tintas decorativas aquosas, começou por se avaliar o seu efeito somente na resina, já que esta é um dos componentes mais expressivos em termos do comportamento reológico de uma tinta.

A posterior avaliação dos resultados decorrentes do procedimento descrito nos Subcapítulos 3.2 a 3.7, permitiu que fossem realizados testes em duas tintas decorativas aquosas comercializadas pela Barbot: Dioplaste Branco e Barbocril Branco, de modo a substituir-se o espessante atualmente utilizado por outro, com uma eficácia de espessamento igual ou superior, tornando a produção destas tintas economicamente mais rentável.

De modo a avaliar se o comportamento dos novos ensaios é semelhante ao ensaio padrão, para além da análise do comportamento reológico, realizaram-se teste de escorrido, de nivelamento e fizeram-se aplicações a 100  $\mu\text{m}$ , à trincha e com rolo anti-gota, determinando o brancura, opacidade e brilho.

Todos os resultados apresentados e discutidos neste capítulo foram obtidos de acordo com o procedimento experimental descrito no Capítulo 3.

### 4.1 Influência de um espessante na reologia de uma resina

Por forma a estudar a influência de um espessante na reologia de uma tinta, começou-se por avaliar o efeito deste no seio do ligante, um dos componentes com maior influência na viscosidade da tinta de base aquosa. Assim, de modo a obter uma curva comparativa, começou-se por realizar testes de *Flow Curve* às três resinas em análise. Na Figura 10, pode-se consultar os resultados apresentados pelo reómetro na análise das resinas de copolímero estireno-acrílico, copolímero de acetato e vinilo e éster vinílico do ácido versático e polímero acrílico. Pode-se, pela análise desta figura, concluir que, para qualquer taxa de corte, a resina Acronal 6716 apresenta maior viscosidade do que as restantes resinas. Relativamente à Acronal A684 e à Polidisp 724, constatou-se que para baixas e altas taxas de corte, a resina de do copolímero de acetato de vinilo e éster vinílico do ácido versático é mais viscosa. Contudo, para taxas de corte intermédias, a resina de polímero acrílico tem um comportamento reológico semelhante à Polidisp 7241.

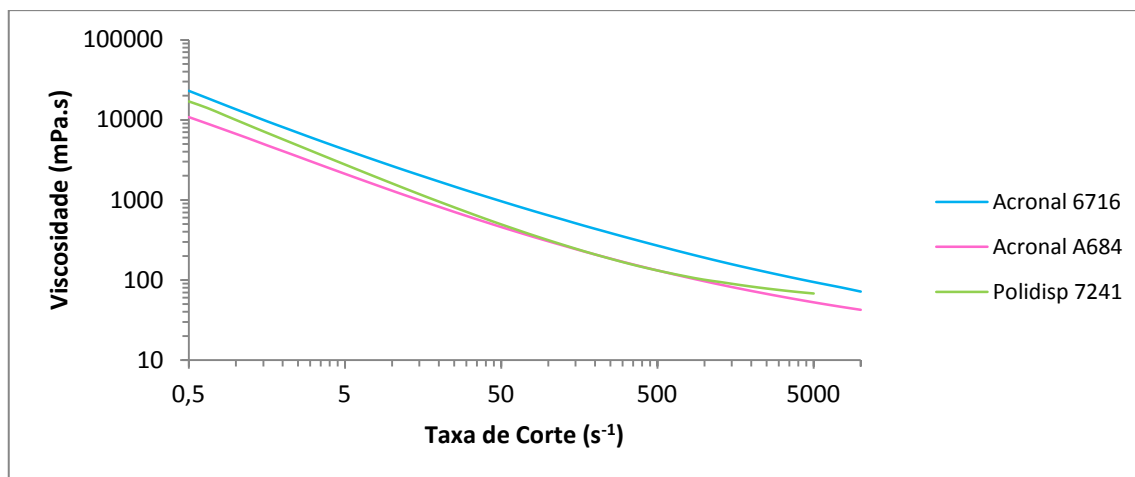


Figura 10 - Comportamento reológico das resinas Acronal 6716, Acronal A684 e Polidisp 7241 para diferentes taxas de corte.

De seguida, realizaram-se os mesmos testes para as soluções de resina com diferentes concentrações de espessante. Tendo como elemento de comparação as curvas presentes na Figura 10, pretende-se concluir se a adição de um determinado espessante a uma dada resina lhe confere maior viscosidade, ou se pelo contrário, o espessante não tem a capacidade de aumentar a viscosidade da resina e, por conseguinte, a adição da solução previamente preparada com água e espessante confere somente uma diluição da amostra, acarretando uma diminuição da viscosidade.

Embora se tenham realizado testes com 17 espessantes, neste subcapítulo apenas serão mencionados resultados gerais e uma explicação mais aprofundada do comportamento reológico de um espessante de cada tipo (celulósico, bentonítico e associativo), sendo selecionado o mais utilizado pela Barbot para cada tipo de resina (copolímero estireno-acrílico, polímero acrílico e copolímero de acetato de vinilo e éster vinílico do ácido versático).

No que diz respeito à resina Acronal 6716 e aos espessantes celulósicos verificou-se que este tipo de espessantes, quando utilizados no seio desta resina, não lhe confere maior viscosidade, principalmente para médias-altas taxas de corte. Um exemplo do referido anteriormente é a Figura 11, onde se verifica o efeito do espessante Bermocoll Prime 2500 com uma concentração de 0,01 a 0,05%, no comportamento reológico da resina Acronal 6716. Pelo facto deste tipo de espessantes terem como principal função espessar a água, são frequentemente utilizados no espessamento de uma tinta de base aquosa.

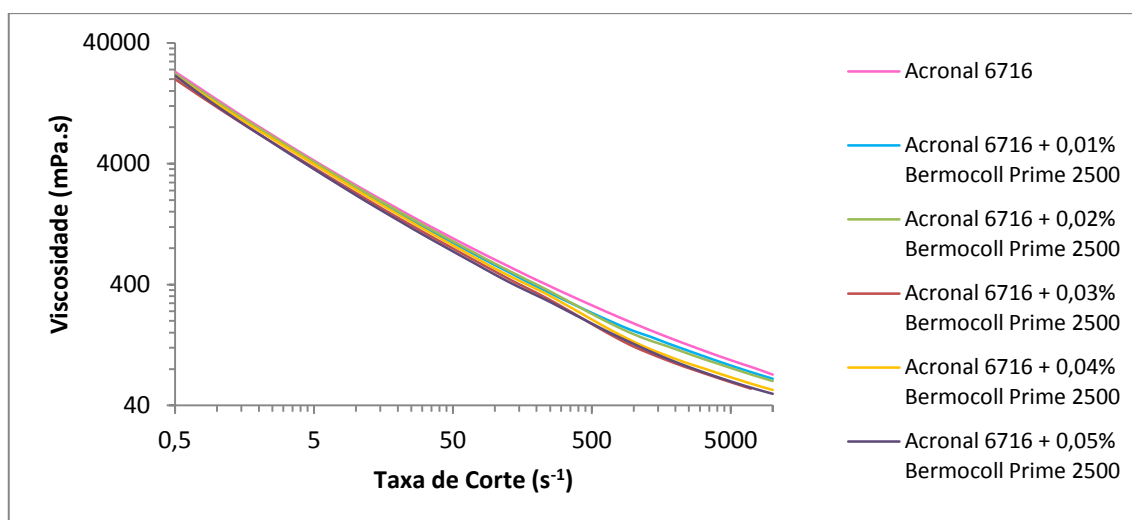


Figura 11 - Comportamento reológico da resina Acronal 6716 e dos respectivos ensaios com o espessante celulósico Bermocoll Prime 2500.

Exatamente pelo mesmo motivo referido anteriormente, este tipo de espessantes não possui a capacidade de espessar a resina Acronal A684. Tal como se pode verificar na Figura 12, a adição de 0,01% de Bermocoll Prime 2500 a esta resina, não afeta significativamente a viscosidade desta. Contudo, se forem utilizadas concentrações superiores, constata-se que este tem um efeito de diluição da resina, ou seja verifica-se uma perda da viscosidade desta. A análise da Figura 13, ensaios relativos à incorporação do espessante Bermocoll Prime 2500 na resina Polidisp 7241, permite concluir que a ação deste espessante é equivalente na resina Polidisp 7241 e na resina Acronal A684.

Na verdade, este tipo de espessantes é inicialmente incorporado na água que fará parte da composição da tinta. Embora qualquer uma das resinas tenha na sua formulação água, o facto do espessante ter que ser previamente preparado em água e numa concentração específica indicada pelo fornecedor não permite que este tenha efeito na resina, já que todas as moléculas de espessante se encontram ligadas às moléculas de água da solução previamente preparada.

Assim, constata-se somente o efeito dos espessantes celulósicos aquando da sua adição direta em água, preparação da solução de espessante, e não na adição a uma resina, de uma solução de 1 ou 2% de espessante, conforme os casos. Sendo que esta solução previamente preparada tem uma viscosidade inferior à de qualquer um das resinas em estudo, a sua adição às resinas Acronal 6716, Acronal A684 ou Polidisp 7241, confere-lhes uma perda de viscosidade, tal como relatado pelos exemplos acima referidos.

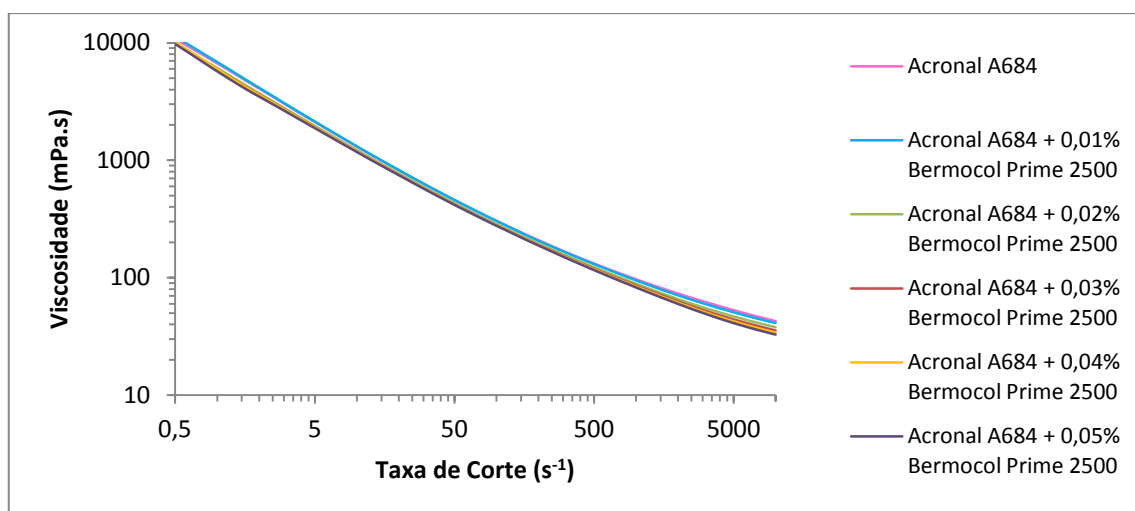


Figura 12 - Comportamento reológico da resina Acronal A684 e dos respectivos ensaios com o espessante celulósico Bermocoll Prime 2500.

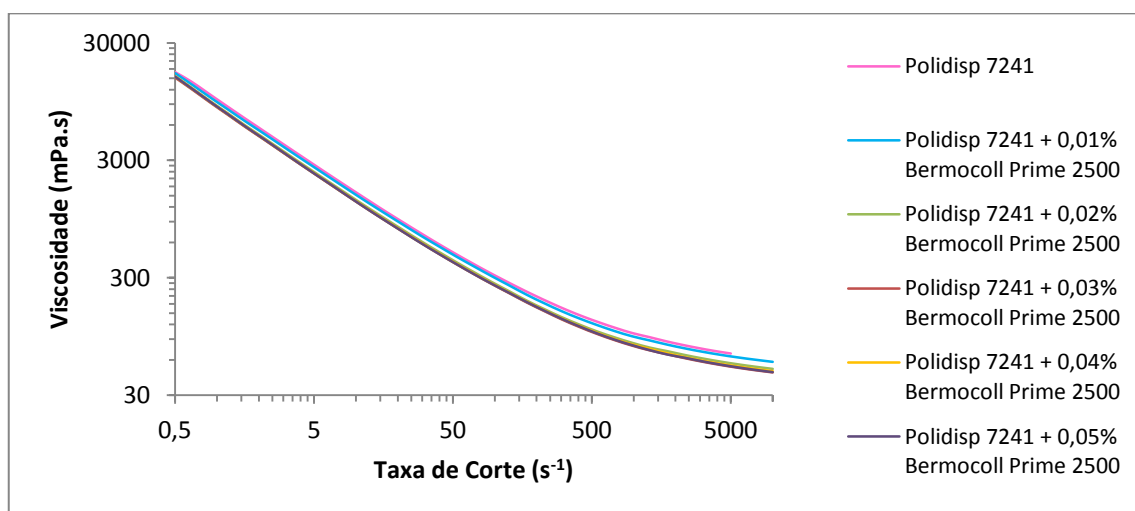


Figura 13 - Comportamento reológico da resina Polidisp 7241 e dos respectivos ensaios com o espessante celulósico Bermocoll Prime 2500.

Relativamente aos ensaios com espessantes bentoníticos em resinas de copolímero estireno-acrílico, de polímero acrílico e de copolímero de acetato de vinilo e éster vinílico do ácido versático, constatou-se que, tal como os espessantes celulósicos, este tipo de espessantes não aumenta a viscosidade do meio através de interações com as moléculas de resina, mas sim por ligação às moléculas de água. Estes resultados podem ser comprovados pela análise das Figuras 14 a 16, onde se incorporou o espessante Bentone EW nas resinas Acronal 6716, Acronal A684 e Polidisp 7241, respetivamente.

A análise comparativa das Figuras 14 e 15 demonstra que o efeito de diluição da resina por adição do espessante Bentone EW é mais acentuado no caso da Acronal A684, especialmente para baixas taxas de corte.

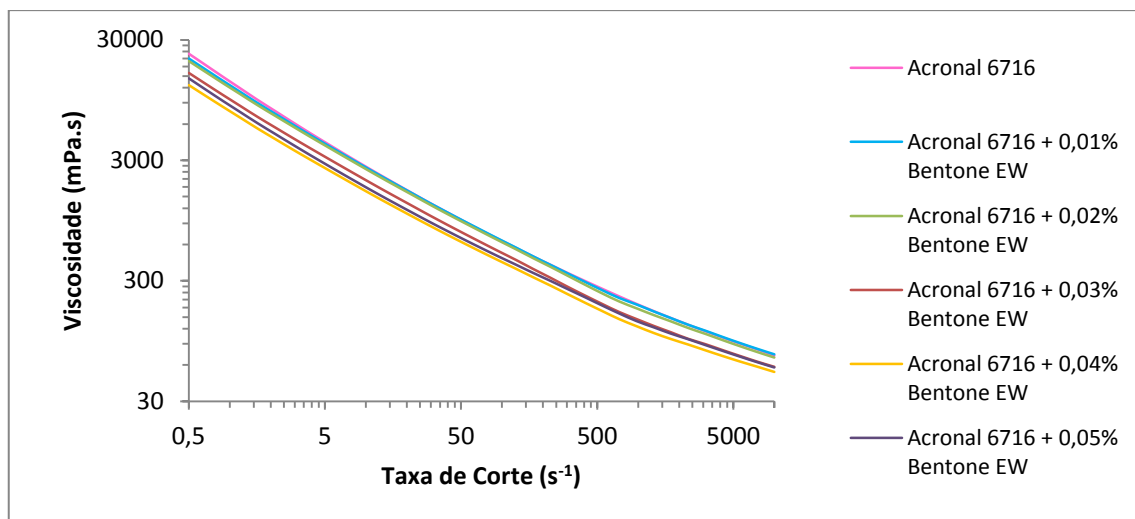


Figura 14 - Comportamento reológico da resina Acronal 6716 e dos respectivos ensaios com o espessante Bentone EW.

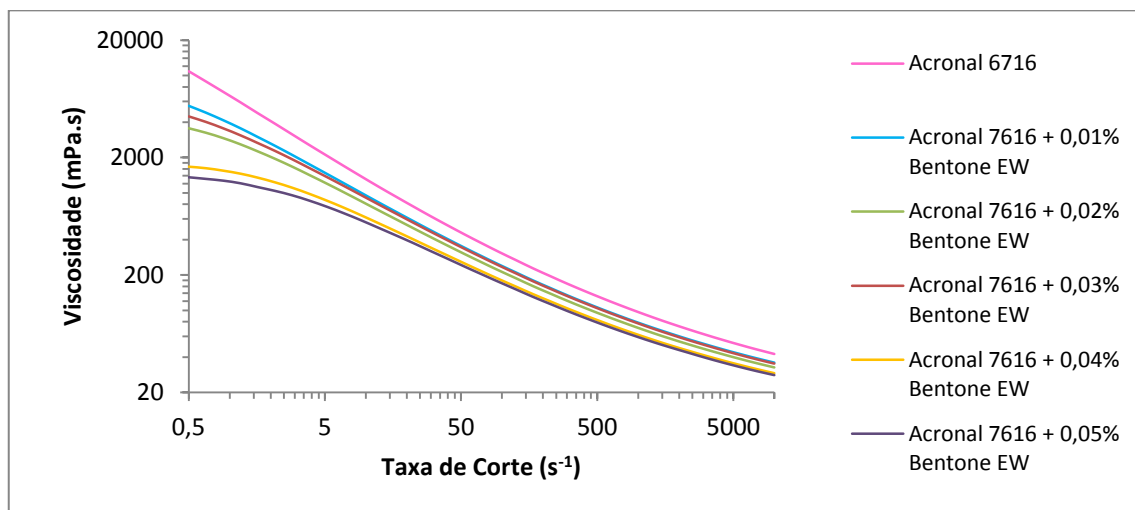


Figura 15 - Comportamento reológico da resina Acronal A684 e dos respectivos ensaios com o espessante Bentone EW.

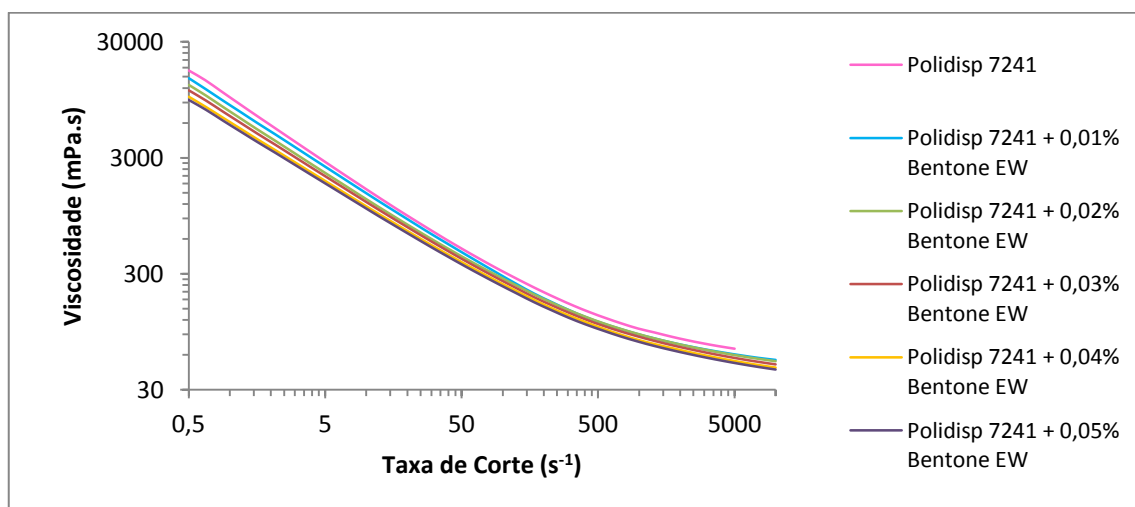


Figura 16 - Comportamento reológico da resina Acronal 6716 e dos respectivos ensaios com o espessante Bentone EW.

Ao contrário dos espessantes anteriormente referidos, os espessantes associativos têm um efeito acentuado quando utilizados no espessamento destas resinas, o que se deve ao facto destes possuírem uma parte hidrofóbica que se associa às partículas da resina, aumentando a viscosidade do produto.

Assim, dada a maior afinidade deste tipo de espessantes com as diversas resinas, verificou-se que em alguns dos ensaios não foi possível analisar a emulsão no reómetro, uma vez que ocorreu gelificação.

Por este motivo, não foi possível traçar a *Flow Curve* dos ensaios que permitiam obter o comportamento reológico do Aquaflow XLS 530, espessante associativo mais frequentemente utilizado pela Barbot num meio cuja resina seja a Acronal 6716. Assim, e dado que só foi possível recolher dados reológicos para os espessantes Optiflo L100, Rheovis PU1331, Aquaflow NHS 356 e Rheolate 6008 com uma concentração de 1%, optou-se por se analisar o comportamento de todos estes espessantes quando utilizados nesta resina de copolímero estireno-acrílico.

Tal como se pode comprovar pela Figura 17, qualquer um destes espessantes confere, para todas as taxas de corte, um aumento da viscosidade da resina, sendo o Rheolate 6008 o mais eficiente, seguido do Rheovis PU1331. Embora os restantes espessantes tenham um efeito de espessamento mais reduzido, verifica-se que, para baixas taxas de corte, o espessante Optiflo L100 tem um maior efeito no aumento da viscosidade da resina. Para taxas de corte médias-altas, o comportamento destes dois espessantes na resina Acronal 6716 é semelhante.

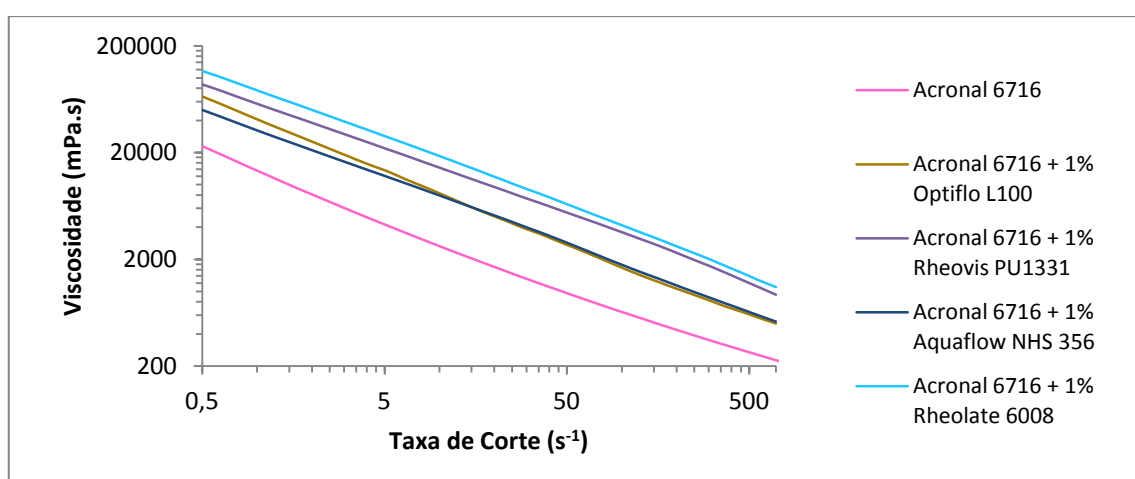


Figura 17 - Comportamento reológico da resina Acronal 6716 e dos respetivos ensaios com diferentes espessantes associativos.

A adição de espessantes associativos à resina Acronal A684 provoca, para concentrações superiores a 1%, a gelificação da mesma. Assim, tal como no exemplo anterior

optou-se por se comparar o comportamento reológico de diferentes espessantes associativos com uma concentração de 1% na resina de polímero acrílico.

Entre todos os espessantes analisados, verifica-se que o mais eficiente é o Aquaflow XLS 530, para muito baixas taxas de corte e, para taxas de corte médias-altas, é o Acrysol TT935. Pela análise da Figura 18, constata-se ainda que o menos eficiente é Aquaflow NHS 356.

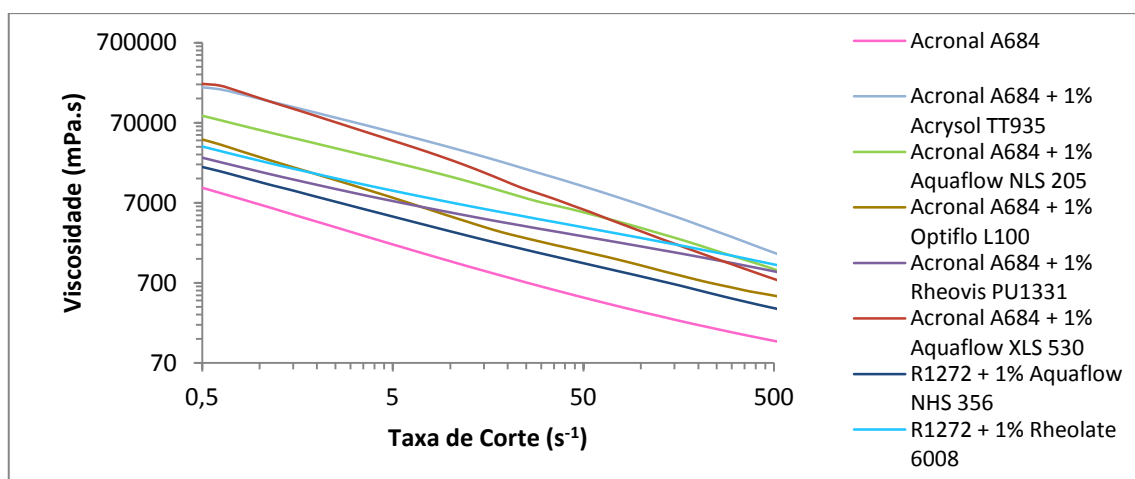


Figura 18 - Comportamento reológico da resina Acronal A684 e dos respectivos ensaios com diferentes espessantes associativos.

Por fim, a Figura 19 mostra o efeito do espessante Optiflo L100 a diferentes concentrações na resina Polidisp 7241, verificando-se que quanto maior for a concentração de espessante, maior a viscosidade da emulsão, excetuando-se o ensaio com 3% de espessante, o qual apresenta, para todas as taxas de corte, viscosidades inferiores ao ensaio com 2%.

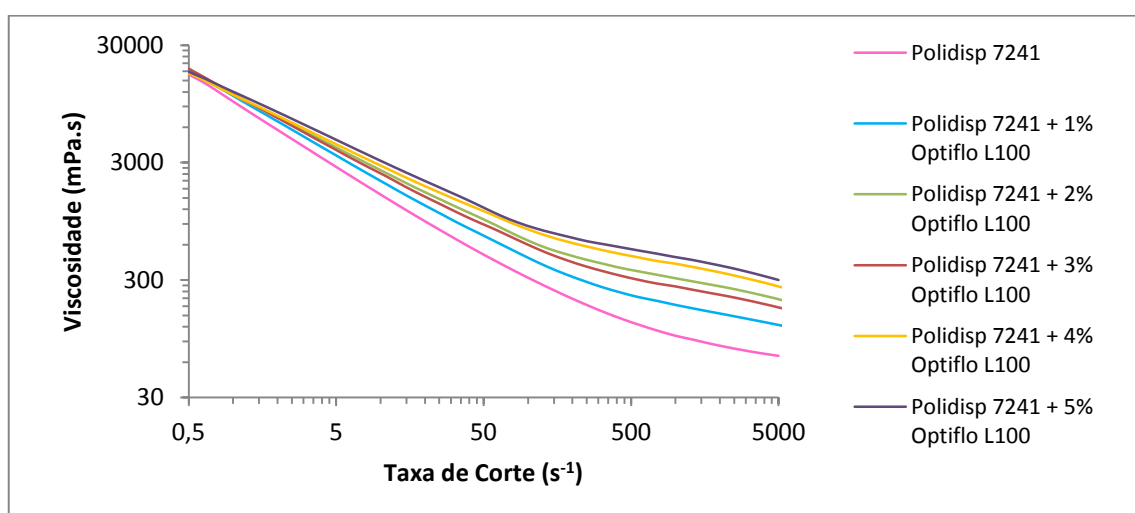


Figura 19 - Comportamento reológico da resina Polidisp 7241 e dos respectivos ensaios com o espessante Optiflo L100.

De forma a tornar mais rápida e clara a interpretação dos resultados fornecidos pelo reómetro, construiu-se a Tabela 5, onde são apresentadas as diferenças de viscosidade entre a resina com espessante e a própria resina. Na Tabela 6, encontra-se a legenda cromática da Tabela 5.

Para além da análise no reómetro, determinaram-se as viscosidades a altas, média e baixas taxas de corte nos viscosímetros *ICI*, *Stormer* e *Brookfield*, respetivamente. Os resultados destas medições encontram-se no Apêndice 2.

De um modo geral, constata-se que os espessantes celulósicos e bentoníticos não têm a capacidade de espessar qualquer uma das resinas analisadas, especialmente para taxas de corte médias-altas. Relativamente aos espessantes associativos, com a ajuda da escala de cores, verifica-se que o seu efeito é mais marcante para baixas taxas de corte, não sendo, no entanto, insignificante para taxas de corte elevadas.



Tabela 5 - Diferença entre as viscosidades da resina com espessante e a própria resina.

	Concentração de espessante (%)	Viscosidade (Pa.s)														
		Taxa de Corte = 0,5 s <sup>-1</sup>			Taxa de Corte = 5 s <sup>-1</sup>			Taxa de Corte = 50 s <sup>-1</sup>			Taxa de Corte = 500 s <sup>-1</sup>			Taxa de Corte = 5000 s <sup>-1</sup>		
		Acronal 6716	Acronal A684	Polidisp 7241	Acronal 6716	Acronal A684	Polidisp 7241	Acronal 6716	Acronal A684	Polidisp 7241	Acronal 6716	Acronal A684	Polidisp 7241	Acronal 6716	Acronal A684	Polidisp 7241
Natrosol 205 HHBR	0,02	3	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Natrosol 205 MHBR	0,02	0,2	NE	NE	NE	NE	NE	0,01	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Natrosol 205 MBR	0,02	2	0,2	0,3	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Natrosol HE3KB	0,02	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Aqualon AQU D-5148	0,02	NE	0,4	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Bermocoll EBM5500	0,02	0,3	0,8	NE	NE	0,02	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Bermocoll Prime 2500	0,02	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Bentone EW	0,02	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Optigel CK	0,02	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Acrysol TT935	1	-	182	0,5	-	51	0,04	-	11	0,1	-	1,5	0,03	-	-	0,02
Rheovis HS1169	1	-	-	NE	-	-	NE	-	-	0,01	-	-	0,01	-	-	0,01
Aquaflow NLS205	1	-	75	NE	-	21	0,7	-	5	0,4	-	0,9	0,13	-	-	0,04
Optiflo L100	1	44	32	2	8	6	0,7	2	1,3	0,2	0,3	0,4	0,09	-	-	0,06
Rheovis PU1331	1	64	15	8	17	5	2	5	2	0,7	0,9	0,8	0,09	-	-	0,14
Aquaflow XLS530	1	-	204	28	-	40	7	-	5	1,5	-	0,7	0,28	-	-	0,08
Aquaflow NHS 356	1	27	9	NE	7	3	0,1	2	0,8	0,1	0,4	0,2	0,04	-	-	0,03
Rheolate 6008	1	93	25	6	23	8	2	10	3	0,8	1,1	1,1	0,39	-	-	0,16

Tabela 6 - Legenda cromática da Tabela 5.

-	Não se fez leitura
NE	Não espessa
	[0;1] Pa.s
	]1;10] Pa.s
	]10;100] Pa.s
	> 100 Pa.s



## 4.2 Influência de um espessante na reologia de uma tinta

Tendo por base o estudo descrito no Subcapítulo 4.1, selecionaram-se duas tintas decorativas aquosas comercializadas pela Barbot, que possuíam na sua composição qualquer uma das resinas e espessantes estudados: Dioplaste Branco e Barbocril Branco.

Relativamente ao Dioplaste Branco, na sua composição encontra-se, para além de outros componentes, a resina Polidisp 7241 e o espessante Optiflo L100, numa concentração de 4% relativamente à resina. No que diz respeito ao Barbocril Branco, fazem parte da sua composição a resina Acronal A684 e o espessante Optiflo L100, estando este numa concentração de 1% sob a resina.

Conhecendo a influência de diversos espessantes na reologia de uma resina, pretendeu-se ainda neste trabalho estudar a possibilidade de substituição do espessante utilizado nas duas tintas supramencionadas. Esta análise começou pela avaliação de potenciais espessantes que pudessem substituir o espessante Optiflo L100, sendo que o estudo se debruçou essencialmente sobre a possibilidade de substituição por dois potenciais novos espessantes a adquirir pela Barbot: o Aquaflow NHS 356 e Rheolate 6008. Na Figura 20, encontra-se o comportamento reológico da resina Polidisp 7241 com 4% de Optiflo L100 (mesma concentração que a apresentada na tinta Dioplaste Branco), com 1% de Rheolate 6008 e com 5% Aquaflow NHS 356.

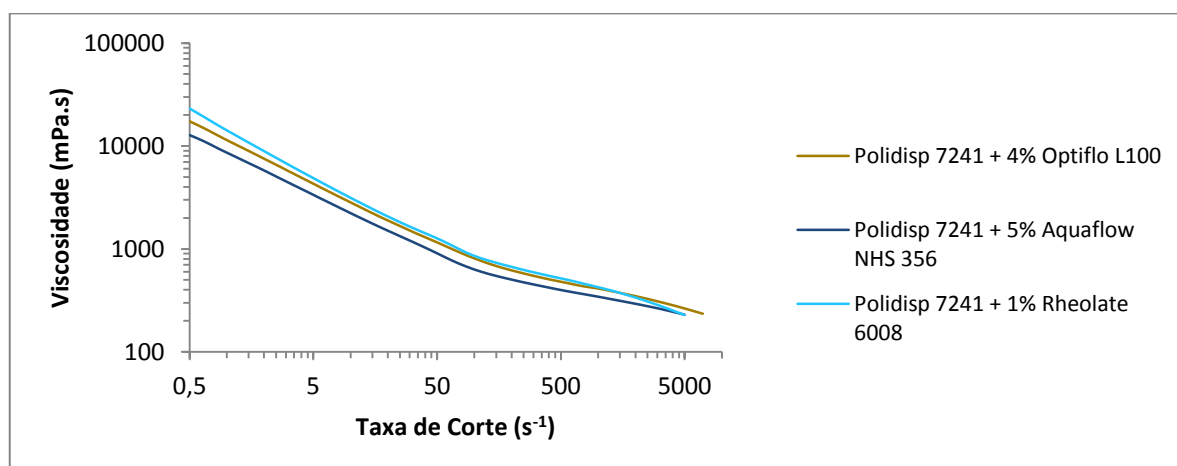


Figura 20 - Comportamento reológico da resina Polidisp 7241 com diferentes espessantes associativos em diferentes concentrações.

Verifica-se que a curva reológica do ensaio com o espessante Aquaflow NHS 356 é semelhante à curva do ensaio com Optiflo L100, contudo a primeira exibe viscosidades ligeiramente mais baixas, o que indica que possivelmente terá que ser utilizada uma concentração ligeiramente superior a 5%. Relativamente à curva do ensaio com Rheolate 6008, esta sobrepõe-se, para médias-altas taxas de corte, à curva do ensaio com

Optiflo L100. Contudo, para taxas de corte baixas, o espessante Rheolate 6008 confere maior viscosidade à resina Polidisp 7241 do que o espessante Optiflo L100.

Relativamente à possível substituição do Optiflo L100 por outro espessante na tinta Barbocril Branco, analisou-se o comportamento reológico da resina Acronal A684 com 1% de Optiflo L100 (mesma concentração que a apresentada na tinta Barbocril Branco), 1% Aquaflow NHS 356 e 1% Rheolate 6008. Tal análise pode ser consultada na Figura 21.

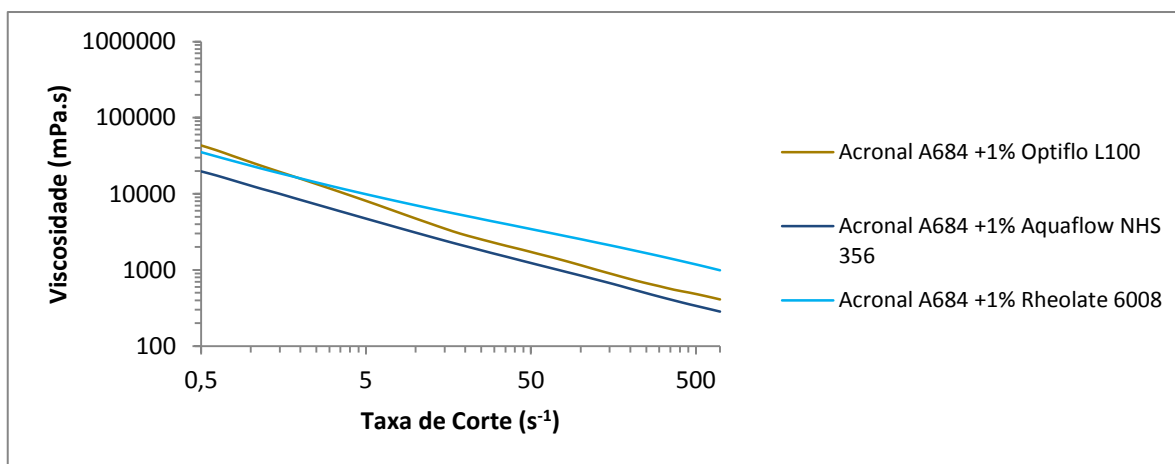


Figura 21 - Comportamento reológico da resina Acronal A684 com diferentes espessantes associativos.

Neste caso, verifica-se que a curva reológica do ensaio com o espessante Aquaflow NHS 356 é semelhante, para taxas de corte médias-altas, à curva com o espessante Optiflo L100, porém, assume valores de viscosidade inferiores. Tal indica que poderá ter que ser utilizada uma concentração superior a 1%. Quanto ao comportamento reológico do Rheolate 6008 na resina Acronal A684, este, para taxas de corte baixas, pode ser considerado semelhante ao do espessante Optiflo L100. Todavia, para taxas de corte superiores a  $5 \text{ s}^{-1}$  este espessante confere à resina uma viscosidade superior à requerida.

Tendo o estudo prosseguido somente com os espessantes Optiflo L100, Aquaflow NHS 356 e Rheolate 6008, analisaram-se no reómetro os ensaios D1 a D6 (consultar especificações no Subcapítulo 3.8) e os ensaios B1 a B4 (consultar especificações no Subcapítulo 3.9). As Figuras 22 e 23 apresentam apenas o comportamento dos ensaios que demonstraram ter um comportamento reológico semelhante ao padrão (Dioplaste Branco com 4% de Optiflo L100 sob resina e Barbocril Branco com 1% de Optiflo L100 sob resina).

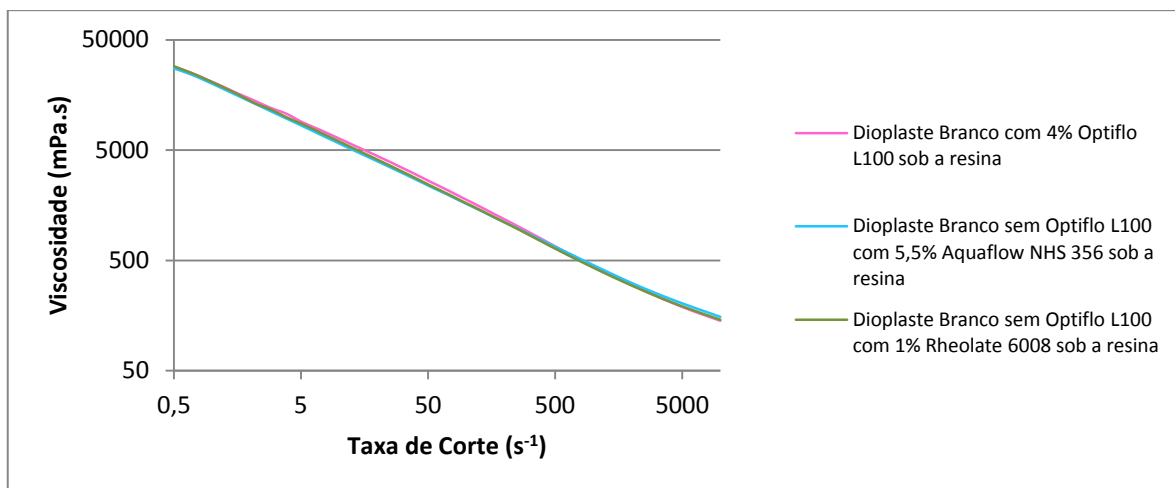


Figura 22 - Comportamento reológico da tinta Dioplaste Branco com 4% de Optiflo L100, com 5,5% de Aquaflow NHS 356 e com 1% Rheolate 6008.

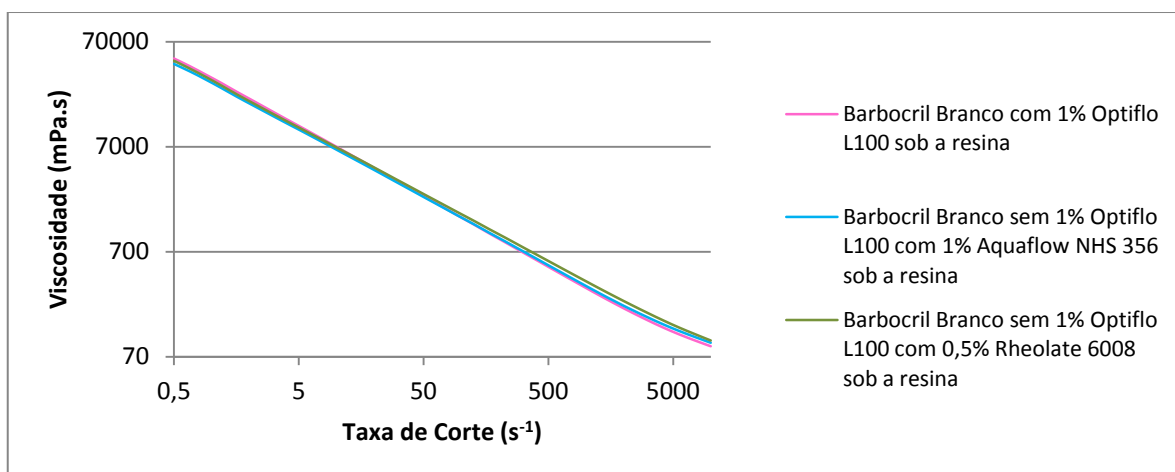


Figura 23 - Comportamento reológico da tinta Barbocril Branco com 1% de Optiflo L100, com 1% Aquaflow NHS 356 e com 0,5 % de Rheolate 6008.

Relativamente aos testes realizados com Dioplaste Branco, verificou-se que para baixas e médias taxas de corte, a substituição de 4% de Optiflo L100 por 5,5% de Aquaflow NHS 356 ou 1% de Rheolate 6008, não afeta a significativamente o comportamento reológico da tinta e que, para elevadas taxas de corte, as curvas se sobrepõem.

Quanto às alterações feitas no Barbocril Branco, constatou-se que estas não afetam a viscosidade da tinta para taxas de corte intermédias, contudo, para baixas taxas de corte, a tinta com o espessante Optiflo L100 apresenta maior viscosidade que as restantes e, por sua vez, para elevadas taxas de corte, menor viscosidade que as tintas com os espessantes Aquaflow NHS 356 e Rheolate 6008.

Pela análise da Tabela 7, verifica-se que os desvios dos ensaios D2 e D3, e B2 e B3 aos padrões, D1 e B1 não são significativos. Assim, passou-se à análise de viscosidade nos viscosímetros *ICI*, *Stormer* e *Brookfield*. Os resultados decorrentes destes testes encontram-se na Tabela 8.

Tabela 7 - Viscosidades das tintas Dioplaste Branco e Barbocril Branco com diferentes espessantes.

	Viscosidade (Pa.s)				
	Taxa de Corte = 0,5 s <sup>-1</sup>	Taxa de Corte = 5 s <sup>-1</sup>	Taxa de Corte = 50 s <sup>-1</sup>	Taxa de Corte = 500 s <sup>-1</sup>	Taxa de Corte = 5000 s <sup>-1</sup>
D1	28	9	2,7	0,68	0,19
D2	27	8	2,4	0,67	0,21
D3	29	9	2,5	0,64	0,19
B1	48	11	2,4	0,51	0,12
B2	43	10	2,3	0,52	0,13
B3	46	11	2,5	0,58	0,14

Tabela 8 - Viscosidades *ICI*, *Brookfield* e *Stormer* dos ensaios das tintas Dioplaste Branco e Barbocril Branco com diferentes espessantes.

	Viscosidade no <i>ICI</i> (Pa.s)	Viscosidade no <i>Brookfield</i> (Pa.s) P6/100	Viscosidade no <i>Stormer</i> (Pa.s)
D1	0,16	4,0	2,5
D2	0,16	3,8	2,1
D3	0,17	3,9	2,3
B1	0,11	3,1	3,2
B2	0,11	2,6	3,4
B3	0,12	3,3	3,6

Tal como era de esperar, os resultados obtidos com os viscosímetros comprovam os obtidos até então pelo reómetro. Não havendo desvios significativos ao padrão, optou-se por se aplicar todos estes ensaios com um aplicador de 100 µm, à trincha e com rolo anti-gota, para que se pudesse analisar diferenças de brancura, opacidade, brilho e lacagem.

Tal como referido no Subcapítulo 3.11, com o aplicador de 100 µm aplicou-se tinta, quer Dioplaste Branco, quer Barbocril Branco numa carta de contraste. Por sua vez, aplicaram-se duas demãos de tinta em carta xadrez com o rolo anti-gota. Na Tabela 9, encontram-se os valores de brancura e opacidade obtidos para cada carta e os valores de brilho a 20, 60 e 85° das cartas de contraste.

Este estudo permite concluir que a alteração do espessante não tem consequências na brancura, opacidade e brilho das amostras. Para além disso, verificou-se que, quer com o aplicador de 100 µm, quer com o rolo anti-gota, esta substituição também não afeta o aspeto visual da tinta, não sendo perceptíveis diferenças significativas entre elas.

Tabela 9 - Brancura, opacidade e brilho em carta de contraste e carta xadrez para os diversos ensaios.

	Carta de contraste					Carta xadrez	
	Brancura	Opacidade	Brilho			Brancura	Opacidade
			20°	60°	85°		
D1	84,3	95,3	1,3	2,3	2,9	59,4	99,1
D2	84,4	95,5	1,3	2,3	2,8	59,4	99,1
D3	84,5	95,3	1,3	2,3	2,9	59,4	99,0
B1	84,8	93,6	1,4	3,0	2,7	59,5	98,8
B2	85,2	93,9	1,4	3,0	2,6	59,5	98,9
B3	85,4	93,8	1,4	3,0	2,6	59,4	98,8

Relativamente à lacagem, este teste é realizado em cartas de contraste, onde se aplica a tinta à trincha e se aguarda que, durante a secagem, esta tenha a capacidade de lacar, não ficando com marcas. Nesta análise verificou-se que, embora a quantidade de tinta deixada pela trincha em cada um dos ensaios tenha sido aproximadamente a mesma, os ensaios D3 e B3 apresentaram melhor lacagem. Contudo, é de ressaltar que não se verificaram diferenças muito acentuadas entre todos os ensaios.

O teste de escorrido realizado permitiu concluir que qualquer que seja o espessante utilizado, de entre os estudados, as tintas Dioplaste e Barbocril Brancos não têm tendência a escorrer. Para além destes testes, as amostras foram ainda sujeitas a testes de nivelamento e, mais uma vez, não se verificaram diferenças entre os diversos ensaios com Dioplaste Branco e os diferentes ensaios com Barbocril Branco.

Como referido no capítulo anterior, sabe-se que quando uma tinta é adquirida pelo cliente, este, antes de a aplicar, dilui-a. Assim, foram também aplicadas a rolo anti-gota e à trincha as diluições de 5 e 10% destes ensaios. As conclusões tiradas a partir da aplicação a rolo foram idênticas às referidas anteriormente, onde não houve diluição, ou seja não se verificaram diferenças entre as brancuras, as opacidades e os brilhos dos diversos ensaios. Quanto às aplicações à trincha dos ensaios diluídos, os resultados de melhor lacagem não conduziram aos ensaios D3 e B3, mas sim aos ensaios D2 e B2.

No que diz respeito ao teste de absorção de água realizado ao Barbocril Branco, este foi realizado em provetes com 24 horas e 9 dias de cura. Os respetivos resultados encontram-se na Tabela 10. Pela análise desta tabela, conclui-se que a substituição do espessante Optiflo L100 pelo Aquaflo NHS 356 ou pelo Rheolate 6008, não torna a tinta mais resistente à absorção de água, dado não serem significativas as diferenças entre eles.

Para além disso, verifica-se que os provetes com 9 dias de cura apresentam, relativamente aos provetes com 24 horas de cura, melhor comportamento na primeira

absorção. Contudo, para as restantes absorções, os provetes com 24 horas de cura absorveram menos água que os provetes com 9 dias de cura.

Tabela 10 - Resultados do teste de absorção de água realizados à tinta Barbocril Branco.

Ensaio	24 horas de cura			9 dias de cura		
	1ª Absorção após 24 horas de secagem [%]	2ª Absorção após 4 dias de secagem [%]	3ª Absorção após 2 dias de secagem [%]	1ª Absorção após 24 horas de secagem [%]	2ª Absorção após 4 dias de secagem [%]	3ª Absorção após 2 dias de secagem [%]
B1	19,6	11,2	10,4	18,1	14,3	13
B2	17,0	11,2	11,0	16,4	13,3	12,2
B3	19,7	11,9	10,5	18,6	13,9	12,8

Em suma, apesar de em alguns dos testes realizados existirem ensaios que apresentavam um desempenho ligeiramente melhor, as diferenças não eram significativas para que os restantes espessantes fossem considerados desadequados. Assim, decidiu-se avançar para uma análise económica das tintas Dioplaste Branco e Barbocril Branco, por forma a obter-se a melhor relação custo/benefício.

Tendo em conta o consumo de Optiflo L100, referente ao ano 2014, na produção das tintas decorativas aquosas Dioplaste Branco e Barbocril Branco, estima-se que a substituição deste espessante pelo Aquaflow NHS 365 reflita uma poupança financeira anual de 35%, enquanto a alteração para Rheolate 6008 apresenta uma poupança de 60%. Assim, conclui-se que, embora este espessante não tenha conferido a melhor lacagem para a amostra diluída, as suas diferenças para os ensaios com Aquaflow NHS 356 não são significativas, tendo em conta a poupança em causa.



## 5. Conclusões

A elaboração deste trabalho, no âmbito a unidade curricular Dissertação, cumpriu com o seu objetivo: compreender a influência dos diversos tipos de espessante na reologia de uma tinta decorativa aquosa.

Estudos realizados inicialmente relativos à influência do tipo de espessante no comportamento reológico de uma resina permitiram concluir que os espessantes celulósicos e bentoníticos não conferiam às resinas Acronal 6716, Acronal A684 e Polidisp 7241 um aumento da viscosidade. Isto deveu-se ao facto de ser sugerido pelo fabricante a preparação prévia de uma solução de espessante, cuja viscosidade era inferior à da resina. Desta forma, realizaram-se somente ensaios em tintas que na sua composição possuíssem um dos espessantes associativos estudados. Assim, realizaram-se estudos nas tintas Dioplaste Branco e Barbocril Branco, de modo a analisar-se a possibilidade de substituir o espessante Optiflo L100 pelo Aquaflow NHS 356 ou pelo Rheolate 6008.

De modo a avaliar se o comportamento das tintas com os espessantes Aquaflow NHS 356 e Rheolate 6008 era semelhante ao da tinta padrão com Optiflo L100, para além da avaliação reológica, realizaram-se testes de escorrimento e de nivelamento e fizeram-se aplicações a 100  $\mu\text{m}$ , à trincha e com rolo anti-gota, determinando o branco, opacidade e brilho.

Relativamente aos testes de reologia, a utilização nas duas tintas de qualquer um dos três espessantes mencionados conferiu-lhes aproximadamente o mesmo comportamento reológico, o que foi concordante com a informação recolhida pelos viscosímetros *ICI*, *Brookfield* e *Stormer*.

Quanto às opacidades, brancuras e brilho a 20, 60 e 85°, analisados em carta de contraste, para o Dioplaste Branco com qualquer um dos espessantes em estudo, rondavam os 84, 95, 1,3, 2,3 e 2,9, respetivamente. No que diz respeito ao Barbocril Branco, os valores são, respetivamente, 85, 94, 1,4, 3,0 e 2,6.

Aos ensaios de Barbocril Branco, acresceu-se um teste de absorção de água. Tal como nos testes anteriores não se verificaram diferenças significativas, uma vez que para qualquer uma das três absorções, quer nos ensaios em que os provetes tiveram 24 horas de cura, quer nos que tiveram 9 dias, os valores percentuais obtidos são muito próximos.

Sendo que os diferentes ensaios não apresentaram diferenças de comportamento significativas, realizou-se uma análise económica, tendo em conta o consumo de Optiflo L100, referente ao ano 2014, na produção das tintas decorativas aquosas Dioplaste Branco e

Barbocril Branco. Estima-se que a substituição deste espessante pelo Aquaflow NHS 365 reflita uma poupança financeira anual de 35%, enquanto a alteração para Rheolate 6008 apresenta uma poupança de 60%. Assim, conclui-se que o espessante Rheolate 6008 oferece vantagens quando utilizado quer na tinta Dioplaste Branco, quer na Barbocril Branco.

## 5.1 Objetivos Realizados

A escrita desta dissertação cumpriu com o seu principal objetivo, que consistia na criação de um documento base que permitisse compreender a influência do tipo de espessante utilizado nas tintas, no comportamento reológico das mesmas.

Para tal, ao longo do trabalho, abordou-se a evolução das tintas, a função de cada um dos constituintes destas, dando especial realce ao papel dos espessantes. Apresentou-se ainda o estudo desenvolvido para a compreensão da influência do tipo de espessante na reologia de uma resina e de uma tinta, tendo-se especificado o procedimento experimental, apresentado os resultados e a sua discussão. Por fim realizou-se uma análise económica aos possíveis espessantes utilizados na tinta Dioplaste Branco e Barbocril Branco, por forma a fazer-se uma alteração deste componente, proporcionando à Barbot uma redução do custo de produção destas tintas decorativas aquosas.

## 5.2 Limitações e Trabalho Futuro

Como referido durante o trabalho, a realização dos ensaios relativos à análise da influência dos espessantes celulósicos e bentoníticos na reologia de uma resina apresentou resultados não satisfatórios, pelo facto de ser necessária a preparação de uma solução de espessante, cuja concentração é especificada pelo fabricante. Por essa razão, a posterior adição dessa solução às resinas em estudo, não lhes conferia um aumento da viscosidade.

Assim, para trabalhos futuros, sugere-se que sejam realizados ensaios diretamente em tintas que na sua composição tenham um espessante celulósico ou bentonítico.

## 5.3 Apreciação Final

Após a escrita desta dissertação, acredita-se que a mesma permitirá dotar o leitor da informação necessária para a realização de novos ensaios em diferentes tintas que na sua

composição possua qualquer um dos espessantes associativos estudados, cumprindo os objetivos a que se propunha.





## Referências



1. Nogueira, J.L., *Noções básicas de tintas e vernizes–Volume I*. Coleção ARCP–Associação Rede de Competências em Polímeros.
2. Mello, V.M. and P.A. Suarez, *As formulações de tintas expressivas através da história*. Revista Virtual de Química, 2012. 4(1).
3. Tintas, A.P.d., *Breve História das Tintas*. <http://www.aptintas.pt/breveHistoriaTintas.aspx>. (acedido em 24 Fevereiro de 2015).
4. de Carvalho Alua, P.M.N., *Optimização da opacidade de tintas aquosas*. 2012, Instituto Superior Técnico.
5. Tintas, A.P.d., *Composição*. <http://www.aptintas.pt/composicao.aspx>. (acedido em 24 Fevereiro de 2015).
6. Verona, C.C., *Estudo do impacto da variabilidade de resinas alquídicas nas propriedades de tintas*. 2004.
7. Ricci, A.P., A.J. Whitton, and H.N. Nae, *Rheological agents and thickeners*. 1992.
8. BASF, *Formulation Additives by BASF*. 2013.
9. Jesus, C.E.M.d., *Reologia em tintas aquosas*. 2000, Porto.
10. Castro, A.G.d., J.A. Covas, and A.C. Diogo, *Reologia e suas aplicações industriais*. Ciência e técnica. 2001, Lisboa: Instituto Piaget.
11. Campos, J.M., *Notas para o estudo da mecânica dos fluidos*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2011.
12. Oliveira, P.J., *Biotransporte - Noções Básicas de Mecânica dos Fluidos e de Fluidos Não Newtonianos (Parte I)*. Maio 2010.
13. de Castro, A.L., *Aplicação de conceitos reológicos na tecnologia dos concretos de alto desempenho*. 2007, Universidade de São Paulo.
14. Raya, J., *Deep dive on Rheology modifiers*. 2015.
15. BYK, *Reología y recubrimientos*. 2014.
16. Saucy, D., *Avoiding viscosity loss on tinting*. Coatings and Inks, 2008.



## Apêndice 1 Instruções de utilização do reómetro

Por forma ao manuseamento adequado do reómetro, aconselha-se que se proceda do seguinte modo:

1. Ligar o reómetro e o respetivo computador de aquisição de dados.
2. Abrir o programa *Reocompass* e verificar se o ar comprimido está ligado (manípulo paralelo à tubagem).
3. No botão  do Painel de controlo do programa (ver Figura 24), carregar em Inicialize.
4. Retirar a almofada e o protetor.
5. Escolher o sistema de medição, prato-prato ou cone-prato, de modo a que o *gap* seja maior do que três vezes o diâmetro das partículas (deve consultar-se as fichas de especificação das matérias-primas de modo a saber-se qual o valor máximo de diâmetro). Notar que o sistema de medição cone-prato, está truncado para um *gap* de 100 µm, enquanto no sistema de medição prato-prato, o *gap* deve ser especificado pelo utilizador.
6. Para introduzir o sistema de medição, alinhar a linha inscrita no cone ou prato com a linha do encaixe.
7. No painel de controlo, especificar na posição de espera, 120,000 mm, na posição de carga, 100,000 mm e na temperatura, 25°C. Caso seja utilizado o prato-prato como sistema de medição, tem que se especificar um *gap*. Tal como referido anteriormente, este deve ser ligeiramente superior a três vezes o diâmetro das partículas. De seguida, clicar em Set value.
8. Caso seja a primeira medição do dia ou se troque o dispositivo de medição, na barra superior selecionar Measuring Set (ver Figura 24, Start service function, Adjust measuring system inertia). Na janela aberta, selecionar Start adjustment, após a medição, selecionar Save e Close.
9. Caso seja a primeira medição do dia ou se troque o dispositivo de medição, deve-se ainda selecionar no painel de controlo Set zero-gap.
10. Ainda no painel de controlo, selecionar o botão , para o dispositivo subir.
11. De seguida, selecionar o teste pretendido:
  - a. Teste do limite viscoelástico: Se se pretender determinar o limite viscoelástico de uma amostra, isto é, a tensão máxima que se pode aplicar a uma amostra sem que ela deixe de se comportar como um material viscoelástico, deve-se selecionar no menu Visco-elastic liquids e no sub-menu Oscillation, amplitude sweet (ver Figura 24).

- b. Teste do 3ITT: De modo a conhecer-se a capacidade de uma amostra recuperar a sua viscosidade após deformação, deve-se selecionar no menu Visco-elastic liquids, no sub-menu Oscillation, thixotropy e optar no Project Templates por Thixotropy 3ITT, Osc-Rot-Osc (ver Figura 24).
  - c. Teste da Flow Curve: Se o objetivo do teste for avaliar o nível de tixotrópico de uma amostra, deve-se selecionar no menu Visco-elastic liquids, no sub-menu Rotation, flow curve e optar no Project Templates por Flow curve, default (ver Figura 24).
  - d. Teste de varrimento de frequências: Por forma a analisar-se o comportamento da tinta após um longo período de armazenamento, deve-se selecionar no menu Visco-elastic liquids, no sub-menu Oscillation, frequency sweep e optar no Project Templates por Frequency sweep, visco-elastic (ver Figura 24).
12. De seguida, deve-se criar o projeto. No menu Project (ver Figura 25), selecionar  e arrastar Device para baixo da caixa Start. Abrindo em  a barra inferior Details (ver Figura 25), selecionar no Device function, Initialize device.
  13. De seguida, colocar um novo Device e em Device function selecionar Adjust measuring system inertia. Na divisão Picture, Title, Buttons, colocar os botões Skip e Continue.
  14. Colocar um novo Device, e selecionar Detect zero-gap no Device function. Colocar também os botões Skip e Continue.
  15. Adicionar um novo Device e em Device function selecionar Move to loading position. Definir 100,00 mm no loading position.
  16. De seguida, adicionar um Wait e em Wait Conditions e optar por button continue' is pressed. No separador Instruction, escrever "Carregar amostra" e no separador Picture, Title, Buttons, selecionar os botões Skip e Continue.
  17. Entre o Wait e o View, adicionar um Device e em Device function selecionar Move to trim or measuring position.
  18. No Measurement já existente no projeto, onde, para os diferentes testes, são especificados diferentes parâmetros. Notar que os valores de seguida mencionados são meramente indicativos e variam consoante a amostra a analisar, sendo o separador decimal a vírgula.
    - a. Teste do limite viscoelástico:
      - i.  $1 - \gamma$ :
        1. Data points:
          - a. Number: 39
          - b. Duration: Constant
          - c. Point: 2 s



- d. *Interval: 78 s*
  2. Selecionar *Amplitude and Frequency*
    - a. *Variable: Strain (oscillating)*
    - b. *Profile: Ramp logaritmica*
    - c. *Initial: Valor inferior ao limite viscoelástico, 0,05% deve ser suficiente.*
    - d. *Final: 100%*
    - e. *Variable: Angular Frequency*
    - f. *Profile: Constant*
    - g. *Value: 7 1/s*
  3. *Profile Calculator*
    - a. *Mode: Set point density*
    - b. *Point density: 10* (este valor deve ser ajustado consoante o número de pontos que se pretende obter, são sugeridos pelo menos 20 pontos)
  4. *Apply*
- b. Teste do 3ITT:
- i.  $1 - \gamma$ :
    1. *Data points:*
      - a. *Number: 5*
      - b. *Duration: Constant*
      - c. *Point: 4 s*
      - d. *Interval: 20 s*
    2. Selecionar *Amplitude and Frequency*
      - a. *Variable: Strain (oscillating)*
      - b. *Profile: Constant*
      - c. *Value: 1 %* (deve corresponder a metade do *limit linear range (gamma)* obtido no teste do limite viscoelástico)
      - d. *Variable: Frequency*
      - e. *Profile: Constant*
      - f. *Value: 5 Hz*
  - ii.  $2 - \dot{\gamma}$ :
    1. *Data points:*
      - a. *Number: 5* (o suficiente para deformar a amostra)
      - b. *Duration: Constant*
      - c. *Point: 2 s*

- d. *Interval: 10 s*
2. Selecionar Set Value
  - a. *Variable: Shear Rate*
  - b. *Profile: Constant*
  - c. *Value: 5000 1/s*
- iii. 3 -  $\dot{\gamma}$ :
  1. *Data points:*
    - a. *Number: 50*
    - b. *Duration: Constant*
    - c. *Point: 4 s*
    - d. *Interval: 200 s*
  2. Selecionar Amplitude and Frequency
    - a. *Variable: Strain (oscillating)*
    - b. *Profile: Constant*
    - c. *Value: 1 %* (deve corresponder a metade do *limit linear range (gamma)* obtido no teste do limite viscoelástico)
    - d. *Variable: Frequency*
    - e. *Profile: Constant*
    - f. *Value: 5 Hz*
- c. Teste da *Flow Curve*:
  - i. Selecionar a caixa 1 e com o botão do lado direito do rato, selecionar Insert interval
  - ii. 1 -  $\dot{\gamma}$ :
    1. *Data Points:*
      - a. *Duration: Ramp logarithmic*
      - b. *Initial: 3 s*
      - c. *Final: 9 s*
    2. Selecionar Set Value
      - a. *Profile: Ramp logarithmic*
      - b. *Initial: 0,5*
      - c. *Final: 10000* (caso a amostra salte para fora da zona de teste durante o ensaio, este valor deve ser reduzido)
    3. *Profile Calculator*
      - a. *Mode: Set point density*

- b. *Point density: 8* (este valor deve ser ajustado consoante o número de pontos que se pretende obter, são sugeridos pelo menos 30 pontos)
        - 4. *Apply*
- iii. 2 -  $\dot{\gamma}$ :
  - 1. *Data Points:*
    - a. *Duration: Ramp logarithmic*
    - b. *Initial: 3 s*
    - c. *Final: 9 s*
  - 2. Selecionar *Set Value*
    - a. *Profile: Ramp logarithmic*
    - b. *Initial: 10000* (deve ser colocado o mesmo valor que no *Final* do intervalo anterior)
    - c. *Final: 0,5*
  - 3. *Profile Calculator*
    - a. *Mode: Set point density*
    - b. *Point density: 8* (este valor deve ser ajustado consoante o número de pontos que se pretende obter, são sugeridos pelo menos 30 pontos)
  - 4. *Apply*
- d. Teste de varrimento de frequências:
  - i. 1 -  $\gamma$ :
    - 1. *Data points:*
      - a. *Number: 39*
      - b. *Duration: Constant*
      - c. *Point: 2 s*
      - d. *Interval: 78 s*
    - 2. Selecionar *Amplitude and Frequency*
      - a. *Variable: Strain (oscillating)*
      - b. *Profile: Constant*
      - c. *Value: 1 %* (deve corresponder a metade do *limit linear range (gamma)* obtido no teste do limite viscoelástico)
      - d. *Variable: Frequency*
      - e. *Profile: Ramp linear*
      - f. *Initial: 1 Hz*
      - g. *Final: 20 Hz*

### 3. *Profile Calculator*

- a. *Mode: Set point density*
- b. *Point density: 2 pt/Hz*

### 4. *Apply*

19. Entre o *Measurement* e o *End*, adicionar um *Device* e em *Device function* selecionar *Move to loading position*.
20. Após o programa estar concluído, selecionar no topo *Start*, identificando em *Name* a amostra e selecionar o botão *Continue*.
21. Caso já se tenha efetuado o *Adjust measuring system inertia* para o sistema de medição selecionado, pode-se selecionar *Skip* para saltar esse passo. Caso contrário, deve selecionar-se *Continue*, por forma a que o sistema ajuste o sistema de medição de inércia.
22. Caso o *Detect zero-gap* já tenha sido feito para o sistema de medição selecionado, pode-se também selecionar *Skip* para saltar esse passo. Caso contrário, deve selecionar-se *Continue*, por forma a que o sistema ajuste o sistema de medição de inércia e determine a distância nula entre pratos ou entre cone-prato.
23. Quando chegar ao *Wait*, o utilizador deve carregar a amostra e colocar ratoeira do solvente. Quando já se tiver efetuado os passos anteriores, carregar em *Continue*. Quando o reómetro deixar de se mover e estiver no passo *Move to trim or measuring position*, o utilizador deve limpar o excesso de tinta com a espátula apropriada, tapar a ratoeira do solvente, de modo a que este não fique a tocar na haste do medidor e selecionar o botão *Continue*.
24. Durante a realização do teste o utilizador deve verificar que a amostra não é atirada para fora e se não se passa algo de anormal.
25. No final do teste, após a elevação do sistema de medição, este deve ser retirado e limpo, de modo a que o chip não entre em contato com a água. Após a sua limpeza, este deve ser colocado no respetivo estojo de armazenamento, por forma a evitar a sua danificação.
26. Caso se pretenda analisar uma outra amostra, gravando essa análise no mesmo ficheiro, basta repetir os passos a partir do ponto 19. Podendo sempre alterar as parâmetros introduzido no *Measurement*, antes de iniciar o teste.
27. Para desligar o reómetro, premir o botão *Online* deste, colocar o protetor e a almofada e carregar no botão ↓ até á posição de repouso. Quando no monitor do reómetro aparecer a opção *Park*, deixar de carregar na seta e selecionar *Park*. Por fim, desligar no botão lateral.

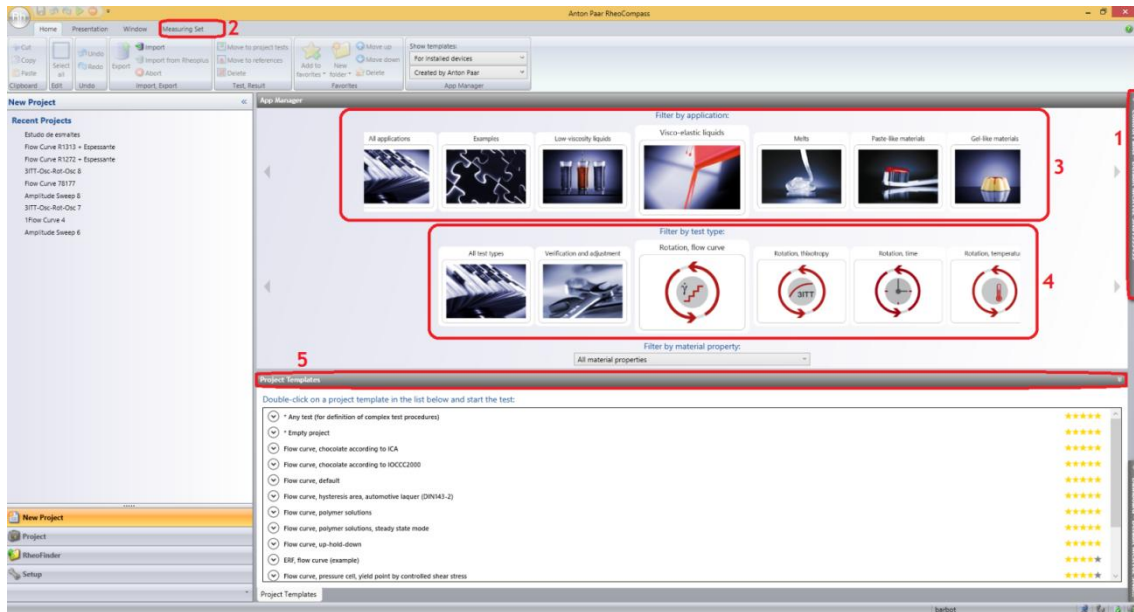


Figura 24 - Localização do painel de controlo, do *Measuring Set*, do menu, sub-menu e do *Project Templates* no *RheoCompass*.

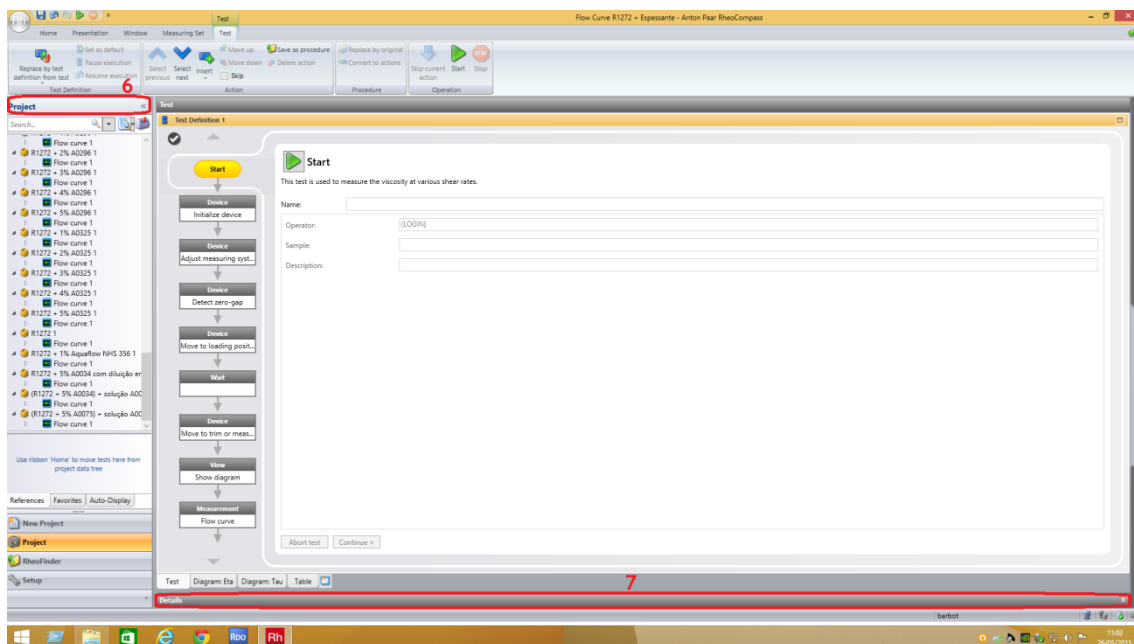


Figura 25 - Localização do *Project* e do separador *Details* no *RheoCompass*.

- Legenda:
- 1 - Painel de Controlo
  - 2 - *Measuring Set*
  - 3 - Menu
  - 4 - Sub-menu
  - 5 - *Project Template*
  - 6 - *Project*
  - 7 - *Details*



## Apêndice 2 Resultados experimentais - ICI, Stormer e Brookfield

Nas Tabelas 11 a 22 podem consultar-se as viscosidades para baixas, médias e elevadas taxas de corte, das resinas de copolímero estireno-acrílico, de polímero acrílico e de vinil-VeoVa sem espessante e com diferentes tipos de espessantes a diversas concentrações.

Tabela 11 - Viscosidades ICI, Brookfield e Stormer da resina Acronal 6716.

<b>Acronal 6716</b>	<b>6567.1.0</b>
Visc. ICI (Pa.s)	0,08
Visc. Brookfield (Pa.s) P4/50	2,6
Visc. Stormer (Pa.s)	1,07

Tabela 12 - Viscosidades ICI, Brookfield e Stormer da resina Acronal 6716 com concentração de 0,01 a 0,05% de diferentes espessantes celulósicos.

Acronal 6716 + Natrosol 205 HHBR	6567.1.1.1	6567.1.1.2	6567.1.1.3	6567.1.1.4	6567.1.1.5
	0,01% Natrosol 205 HHBR	0,02% Natrosol 205 HHBR	0,03% Natrosol 205 HHBR	0,04% Natrosol 205 HHBR	0,05% Natrosol 205 HHBR
Visc. ICI (Pa.s)	0,10	0,10	0,06	0,05	0,05
Visc. Brookfield (Pa.s) P4/50	2,33	2,21	2,20	1,94	1,96
Visc. Stormer (Pa.s)	0,89	0,85	0,82	0,67	0,68
Acronal 6716 + Natrosol 205 MHBR	6567.1.2.1	6567.1.2.2	6567.1.2.3	6567.1.2.4	6567.1.2.5
	0,01% Natrosol 205 MHBR	0,02% Natrosol 205 MHBR	0,03% Natrosol 205 MHBR	0,04% Natrosol 205 MHBR	0,05% Natrosol 205 MHBR
Visc. ICI (Pa.s)	0,08	0,08	0,10	0,07	0,06
Visc. Brookfield (Pa.s) P4/50	2,28	2,52	2,22	2,09	2,09
Visc. Stormer (Pa.s)	0,84	0,92	0,80	0,71	0,71
Acronal 6716 + Natrosol 205 MBR	6567.1.3.1	6567.1.3.2	6567.1.3.3	6567.1.3.4	6567.1.3.5
	0,02% Natrosol 205 MBR	0,04% Natrosol 205 MBR	0,06% Natrosol 205 MBR	0,08% Natrosol 205 MBR	0,10% Natrosol 205 MBR
Visc. ICI (Pa.s)	0,10	0,10	0,08	0,07	0,08
Visc. Brookfield (Pa.s) P4/50	2,50	2,61	2,68	2,78	2,92
Visc. Stormer (Pa.s)	0,96	0,98	0,99	1,01	1,04

Tabela 12 - Viscosidades *ICI*, *Brookfield* e *Stormer* da resina Acronal 6716 com concentração de 0,01 a 0,05% de diferentes espessantes celulósicos. (continuação)

<b>Acronal 6716 + Natrosol HE3KB</b>	<b>6567.1.4.1</b>	<b>6567.1.4.2</b>	<b>6567.1.4.3</b>	<b>6567.1.4.4</b>	<b>6567.1.4.5</b>
	<b>0,01% Natrosol HE3KB</b>	<b>0,02% Natrosol HE3KB</b>	<b>0,03% Natrosol HE3KB</b>	<b>0,04% Natrosol HE3KB</b>	<b>0,05% Natrosol HE3KB</b>
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	2,37	2,13	2,02	2,02	1,80
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	1,04	0,83	0,76	0,73	0,65
<b>Acronal 6716 + Aqualon AQU D-5148</b>	<b>6567.1.5.1</b>	<b>6567.1.5.2</b>	<b>6567.1.5.3</b>	<b>6567.1.5.4</b>	<b>6567.1.5.5</b>
	<b>0,01% Aqualon AQU D-5148</b>	<b>0,02% Aqualon AQU D-5148</b>	<b>0,03% Aqualon AQU D-5148</b>	<b>0,04% Aqualon AQU D-5148</b>	<b>0,05% Aqualon AQU D-5148</b>
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,09	0,08	0,07	0,05	0,06
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	2,34	2,30	2,18	2,11	2,07
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,89	0,86	0,80	0,74	0,72
<b>Acronal 6716 + Bermocoll EBM 5500</b>	<b>6567.1.6.1</b>	<b>6567.1.6.2</b>	<b>6567.1.6.3</b>	<b>6567.1.6.4</b>	<b>6567.1.6.5</b>
	<b>0,01% Bermocoll EBM 5500</b>	<b>0,02% Bermocoll EBM 5500</b>	<b>0,03% Bermocoll EBM 5500</b>	<b>0,04% Bermocoll EBM 5500</b>	<b>0,05% Bermocoll EBM 5500</b>
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,11	0,08	0,07	0,08	0,07
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	2,34	2,34	2,27	2,22	2,14
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,91	0,89	0,86	0,82	0,78
<b>Acronal 6716 + Bermocoll Prime 2500</b>	<b>6567.1.7.1</b>	<b>6567.1.7.2</b>	<b>6567.1.7.3</b>	<b>6567.1.7.4</b>	<b>6567.1.7.5</b>
	<b>0,01% Bermocoll Prime 2500</b>	<b>0,02% Bermocoll Prime 2500</b>	<b>0,03% Bermocoll Prime 2500</b>	<b>0,04% Bermocoll Prime 2500</b>	<b>0,05% Bermocoll Prime 2500</b>
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,12	0,11	0,13	0,07	0,05
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	2,44	2,39	2,39	2,26	2,03
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,95	0,94	0,89	0,85	0,74

Tabela 13 - Viscosidades *ICI*, *Brookfield* e *Stormer* da resina Acronal 6716 com concentração de 0,01 a 0,05% de diferentes espessantes bentoníticos.

<b>Acronal 6716 + Bentone EW</b>	<b>6567.1.8.1</b>	<b>6567.1.8.2</b>	<b>6567.1.8.3</b>	<b>6567.1.8.4</b>	<b>6567.1.8.5</b>
	<b>0,01% Bentone EW</b>	<b>0,02% Bentone EW</b>	<b>0,03% Bentone EW</b>	<b>0,04% Bentone EW</b>	<b>0,05% Bentone EW</b>
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,08	0,09	0,09	0,06	0,08
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	2,48	2,11	1,80	1,64	1,38
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,94	0,78	0,64	0,59	0,51



Tabela 13 - Viscosidades *ICI*, *Brookfield* e *Stormer* da resina Acronal 6716 com concentração de 0,01 a 0,05% de diferentes espessantes bentoníticos. (continuação)

Acronal 6716 + Optigel CK	6567.1.9.1	6567.1.9.2	6567.1.9.3	6567.1.9.4	6567.1.9.5
	0,01% Optigel CK	0,02% Optigel CK	0,03% Optigel CK	0,04% Optigel CK	0,05% Optigel CK
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,10	0,09	0,08	0,06	0,06
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	2,93	2,04	1,68	1,31	1,53
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,51	0,78	0,63	0,47	0,54

Tabela 14 - Viscosidades *ICI*, *Brookfield* e *Stormer* da resina Acronal 6716 com concentração de 1 a 5% de diferentes espessantes associativos.

Acronal 6716 + Acrysol TT 935	6567.1.10.1		Acronal 6716 + Rheovis HS1169	6567.1.11.1
	1% Acrysol TT 935			1% Rheovis HS1169
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,19		Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,24
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s)	-		Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s)	-
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	-		Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	-
Acronal 6716 + Aquaflow NLS 205	6567.1.12.1	6567.1.12.2		
	1% Aquaflow NLS 205	2% Aquaflow NLS 205		
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,12	0,13		
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s)	-	-		
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	-	-		
Acronal 6716 + Aquaflow NLS 205	6567.1.12.1	6567.1.12.2		
	1% Aquaflow NLS 205	2% Aquaflow NLS 205		
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,12	0,13		
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s)	-	-		
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	-	-		
Acronal 6716 + Optiflo L100	6567.1.13.1		Acronal 6716 + Rheovis PU 1331	6567.1.14.1
	1% Optiflo L100			1% Rheovis PU 1331
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,12		Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,15
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s)	-		Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s)	-
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	-		Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	-

Tabela 14 - Viscosidades *ICI*, *Brookfield* e *Stormer* da resina Acronal 6716 com concentração de 1 a 5% de diferentes espessantes associativos. (continuação)

<b>Acronal 6716 + Aquaflow XLS 530</b>	<b>6567.1.15.1</b>	<b>6567.1.15.2</b>		
	<b>1% Aquaflow XLS 530</b>	<b>2% Aquaflow XLS 530</b>		
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,11	0,20		
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s)	-	-		
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	-	-		
<hr/>				
<b>Acronal 6716 + Aquaflow NHS 356</b>	<b>6567.1.16.1</b>		<b>Acronal 6716 + Rheolate 6008</b>	<b>6567.1.17.1</b>
	<b>1% Aquaflow NHS 356</b>			<b>1% Rheolate 6008</b>
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,10		Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,14
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	2,88		Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s)	-
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	1,24		Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	-

Tabela 15 - Viscosidades *ICI*, *Brookfield* e *Stormer* da resina Acronal A684.

<b>Acronal A684</b>	<b>6567.2.0</b>
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,05
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	1,35
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,51

Tabela 16 - Viscosidades *ICI*, *Brookfield* e *Stormer* da resina Acronal A684 com concentração de 0,01 a 0,05% de diferentes espessantes celulósicos.

<b>Acronal A684 + Natrosol 205 HHBR</b>	<b>6567.2.1.1</b>	<b>6567.2.1.2</b>	<b>6567.2.1.3</b>	<b>6567.2.1.4</b>	<b>6567.2.1.5</b>
	<b>0,01% Natrosol 205 HHBR</b>	<b>0,02% Natrosol 205 HHBR</b>	<b>0,03% Natrosol 205 HHBR</b>	<b>0,04% Natrosol 205 HHBR</b>	<b>0,05% Natrosol 205 HHBR</b>
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,08	0,10	0,07	0,04	0,08
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	1,07	1,08	1,10	1,10	1,13
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,39	0,40	0,41	0,41	0,42
<hr/>					
<b>Acronal A684 + Natrosol 205 MHBR</b>	<b>6567.2.2.1</b>	<b>6567.2.2.2</b>	<b>6567.2.2.3</b>	<b>6567.2.2.4</b>	<b>6567.2.2.5</b>
	<b>0,01% Natrosol 205 MHBR</b>	<b>0,02% Natrosol 205 MHBR</b>	<b>0,03% Natrosol 205 MHBR</b>	<b>0,04% Natrosol 205 MHBR</b>	<b>0,05% Natrosol 205 MHBR</b>
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,08	0,04	0,02	0,02	0,01
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	1,01	1,01	0,98	0,98	0,96
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,40	0,40	0,38	0,38	0,37

Tabela 16 - Viscosidades *ICI*, *Brookfield* e *Stormer* da resina Acronal A684 com concentração de 0,01 a 0,05% de diferentes espessantes celulósicos. (continuação)

<b>Acronal A684 + Natrosol 205 MBR</b>	<b>6567.2.3.1</b>	<b>6567.2.3.2</b>	<b>6567.2.3.3</b>	<b>6567.2.3.4</b>	<b>6567.2.3.5</b>
	<b>0,01% Natrosol 205 MBR</b>	<b>0,02% Natrosol 205 MBR</b>	<b>0,03% Natrosol 205 MBR</b>	<b>0,04% Natrosol 205 MBR</b>	<b>0,05% Natrosol 205 MBR</b>
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	1,16	1,26	1,32	1,52	1,72
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,45	0,47	0,49	0,54	0,63
<b>Acronal A684 + Natrosol HE3KB</b>	<b>6567.2.4.1</b>	<b>6567.2.4.2</b>	<b>6567.2.4.3</b>	<b>6567.2.4.4</b>	<b>6567.2.4.5</b>
	<b>0,01% Natrosol HE3KB</b>	<b>0,02% Natrosol HE3KB</b>	<b>0,03% Natrosol HE3KB</b>	<b>0,04% Natrosol HE3KB</b>	<b>0,05% Natrosol HE3KB</b>
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	1,24	1,14	0,94	1,00	0,96
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,63	0,44	0,38	0,41	0,38
<b>Acronal A684 + Aqualon AQU D-5148</b>	<b>6567.2.5.1</b>	<b>6567.2.5.2</b>	<b>6567.2.5.3</b>	<b>6567.2.5.4</b>	<b>6567.2.5.5</b>
	<b>0,01% Aqualon AQU D-5148</b>	<b>0,02% Aqualon AQU D-5148</b>	<b>0,03% Aqualon AQU D-5148</b>	<b>0,04% Aqualon AQU D-5148</b>	<b>0,05% Aqualon AQU D-5148</b>
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,33	0,21	0,24	0,21	0,18
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	1,31	1,16	1,27	1,23	1,26
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	69,0	68,6	68,4	67,0	67,0
<b>Acronal A684 + Bermocoll EBM 5500</b>	<b>6567.2.6.1</b>	<b>6567.2.6.2</b>	<b>6567.2.6.3</b>	<b>6567.2.6.4</b>	<b>6567.2.6.5</b>
	<b>0,01% Bermocoll EBM 5500</b>	<b>0,02% Bermocoll EBM 5500</b>	<b>0,03% Bermocoll EBM 5500</b>	<b>0,04% Bermocoll EBM 5500</b>	<b>0,05% Bermocoll EBM 5500</b>
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,04	0,04	0,02	0,03	0,02
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	1,32	1,30	1,22	1,29	1,22
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,50	0,48	0,46	0,49	0,46
<b>Acronal A684 + Bermocoll Prime 2500</b>	<b>6567.2.7.1</b>	<b>6567.2.7.2</b>	<b>6567.2.7.3</b>	<b>6567.2.7.4</b>	<b>6567.2.7.5</b>
	<b>0,01% Bermocoll Prime 2500</b>	<b>0,02% Bermocoll Prime 2500</b>	<b>0,03% Bermocoll Prime 2500</b>	<b>0,04% Bermocoll Prime 2500</b>	<b>0,05% Bermocoll Prime 2500</b>
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,03	0,05	0,06	0,02	0,02
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	1,40	1,23	1,22	1,21	1,18
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,50	0,47	0,46	0,45	0,44

Tabela 17 - Viscosidades *ICI*, *Brookfield* e *Stormer* da resina Acronal A684 com concentração de 0,01 a 0,05% de diferentes espessantes bentoníticos.

Acronal A684 + Bentone EW	6567.2.8.1	6567.2.8.2	6567.2.8.3	6567.2.8.4	6567.2.8.5
	0,01% Bentone EW	0,02% Bentone EW	0,03% Bentone EW	0,04% Bentone EW	0,05% Bentone EW
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,06	0,02	0,02	0,01	0,01
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	0,94	0,78	0,86	0,58	0,49
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,38	0,34	0,36	0,28	0,26
Acronal A684 + Optigel CK	6567.2.9.1	6567.2.9.2	6567.2.9.3	6567.2.9.4	6567.2.9.5
	0,01% Optigel CK	0,02% Optigel CK	0,03% Optigel CK	0,04% Optigel CK	0,05% Optigel CK
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	0,89	0,78	0,64	0,540	0,44
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,35	0,33	0,29	0,26	0,24

Tabela 18 - Viscosidades *ICI*, *Brookfield* e *Stormer* da resina Acronal A684 com concentração de 1 a 5% de diferentes espessantes associativos.

Acronal A684 + Acrysol TT935	6567.2.10.1		Acronal A684 + Rheovis HS1169	6567.2.11.1
	1% Acrysol TT 935			1% Rheovis HS1169
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,21		Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	Não estabiliza
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s)	-		Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s)	-
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	-		Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	-
Acronal A684 + Aquaflo NLS 205	6567.2.12.1		Acronal A684 + Optiflo L100	6567.2.13.1
	1% Aquaflo NLS 205			1% Optiflo L100
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,11		Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,12
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s)	-		Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	3,38
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	-		Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	1,28
Acronal A684 + Rheovis PU1331	6567.2.14.1		Acronal A684 + Aquaflo XLS530	6567.2.15.1
	1% Rheovis PU 1331			1% Aquaflo XLS 530
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,13		Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,19
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	0,38		Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s)	-
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	1,92		Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	-

Tabela 18 - Viscosidades *ICI*, *Brookfield* e *Stormer* da resina Acronal A684 com concentração de 1 a 5% de diferentes espessantes associativos. (continuação)

Acronal A684 + Aquaflow NHS 356	6567.2.16.1		Acronal A684 + Rheolate 6008	6567.2.17.1
	1% Aquaflow NHS 356			1% Rheolate 6008
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,12		Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,21
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s)	-		Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s)	-
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	-		Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	-

Tabela 19 - Viscosidades *ICI*, *Brookfield* e *Stormer* da resina Polidisp 7241.

Polidisp 7241	6567.3.0
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,08
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	1,53
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,52

Tabela 20 - Viscosidades *ICI*, *Brookfield* e *Stormer* da resina Polidisp 7241 com concentração de 0,01 a 0,05% de diferentes espessantes celulósicos.

Polidisp 7241 + Natrosol 205 HHBR	6567.3.1.1	6567.3.1.2	6567.3.1.3	6567.3.1.4	6567.3.1.5
	0,01% Natrosol 205 HHBR	0,02% Natrosol 205 HHBR	0,03% Natrosol 205 HHBR	0,04% Natrosol 205 HHBR	0,05% Natrosol 205 HHBR
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,07	0,06	0,06	0,06	0,07
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	1,43	1,43	1,38	1,30	1,27
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,47	0,46	0,46	0,44	0,43
Polidisp 7241 + Natrosol 205 MHBR	6567.3.2.1	6567.3.2.2	6567.3.2.3	6567.3.2.4	6567.3.2.5
	0,01% Natrosol 205 MHBR	0,02% Natrosol 205 MHBR	0,03% Natrosol 205 MHBR	0,04% Natrosol 205 MHBR	0,05% Natrosol 205 MHBR
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,07	0,06	0,06	0,06	0,08
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	1,20	1,10	1,08	1,21	1,19
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,42	0,41	0,38	0,42	0,40
Polidisp 7241 + Natrosol 205 MBR	6567.3.3.1	6567.3.3.2	6567.3.3.3	6567.3.3.4	6567.3.3.5
	0,02% Natrosol 205 MBR	0,04% Natrosol 205 MBR	0,06% Natrosol 205 MBR	0,08% Natrosol 205 MBR	0,10% Natrosol 205 MBR
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,06	0,08	0,07	0,06	0,06
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	1,50	1,53	1,42	1,40	1,38
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,51	0,54	0,48	0,45	0,47

Tabela 20 - Viscosidades *ICI*, *Brookfield* e *Stormer* da resina Polidisp 7241 com concentração de 0,01 a 0,05% de diferentes espessantes celulósicos. (continuação)

<b>Polidisp 7241 + Natrosol HE3KB</b>	<b>6567.3.4.1</b>	<b>6567.3.4.2</b>	<b>6567.3.4.3</b>	<b>6567.3.4.4</b>	<b>6567.3.4.5</b>
	<b>0,01% Natrosol HE3KB</b>	<b>0,02% Natrosol HE3KB</b>	<b>0,03% Natrosol HE3KB</b>	<b>0,04% Natrosol HE3KB</b>	<b>0,05% Natrosol HE3KB</b>
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,07	0,07	0,06	0,05	0,07
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	1,35	1,26	1,18	1,12	1,10
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,46	0,44	0,42	0,40	0,38
<b>Polidisp 7241 + Aqualon AQU D-5148</b>	<b>6567.3.5.1</b>	<b>6567.3.5.2</b>	<b>6567.3.5.3</b>	<b>6567.3.5.4</b>	<b>6567.3.5.5</b>
	<b>0,01% Aqualon AQU D-5148</b>	<b>0,02% Aqualon AQU D-5148</b>	<b>0,03% Aqualon AQU D-5148</b>	<b>0,04% Aqualon AQU D-5148</b>	<b>0,05% Aqualon AQU D-5148</b>
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,07	0,07	0,07	0,05	0,05
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	1,43	1,37	1,31	1,31	1,24
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,49	0,47	0,45	0,43	0,43
<b>Polidisp 7241 + Bermocoll EBM 5500</b>	<b>6567.3.6.1</b>	<b>6567.3.6.2</b>	<b>6567.3.6.3</b>	<b>6567.3.6.4</b>	<b>6567.3.6.5</b>
	<b>0,01% Bermocoll EBM 5500</b>	<b>0,02% Bermocoll EBM 5500</b>	<b>0,03% Bermocoll EBM 5500</b>	<b>0,04% Bermocoll EBM 5500</b>	<b>0,05% Bermocoll EBM 5500</b>
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,09	0,07	0,06	0,05	0,07
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	1,36	1,36	1,30	1,32	1,41
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,47	0,47	0,45	0,45	0,44
<b>Polidisp 7241 + Bermocoll Prime 2500</b>	<b>6567.3.7.1</b>	<b>6567.3.7.2</b>	<b>6567.3.7.3</b>	<b>6567.3.7.4</b>	<b>6567.3.7.5</b>
	<b>0,01% Bermocoll Prime 2500</b>	<b>0,02% Bermocoll Prime 2500</b>	<b>0,03% Bermocoll Prime 2500</b>	<b>0,04% Bermocoll Prime 2500</b>	<b>0,05% Bermocoll Prime 2500</b>
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,07	0,07	0,06	0,05	0,05
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	1,37	1,42	1,30	1,31	1,24
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,48	0,47	0,45	0,45	0,43

Tabela 21 - Viscosidades *ICI*, *Brookfield* e *Stormer* da resina Polidisp 7241 com concentração de 0,01 a 0,05% de diferentes espessantes bentoníticos.

<b>Polidisp 7241 + Bentone EW</b>	<b>6567.3.8.1</b>	<b>6567.3.8.2</b>	<b>6567.3.8.3</b>	<b>6567.3.8.4</b>	<b>6567.3.8.5</b>
	<b>0,01% Bentone EW</b>	<b>0,02% Bentone EW</b>	<b>0,03% Bentone EW</b>	<b>0,04% Bentone EW</b>	<b>0,05% Bentone EW</b>
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	1,37	1,36	1,23	1,21	1,05
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,49	0,48	0,44	0,43	0,39

Tabela 21 - Viscosidades *ICI*, *Brookfield* e *Stormer* da resina Polidisp 7241 com concentração de 0,01 a 0,05% de diferentes espessantes bentoníticos. (continuação)

Polidisp 7241 + Optigel CK	6567.3.9.1	6567.3.9.2	6567.3.9.3	6567.3.9.4	6567.3.9.5
	0,01% Optigel CK	0,02% Optigel CK	0,03% Optigel CK	0,04% Optigel CK	0,05% Optigel CK
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	1,34	1,24	1,14	1,04	0,97
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,46	0,44	0,43	0,39	0,36

Tabela 22 - Viscosidades *ICI*, *Brookfield* e *Stormer* da resina Polidisp 7241 com concentração de 1 a 5% de diferentes espessantes associativos.

Polidisp 7241 + Acrysol TT 935	6567.3.10.1	6567.3.10.2			
	1% Acrysol TT 935	2% Acrysol TT 935			
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,11	0,20			
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	8,26	12,36			
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,61	0,97			
Polidisp 7241 + Rheovis HS1169	6567.3.11.1	6567.3.11.2			
	1% Rheovis HS1169	2% Rheovis HS1169			
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,08	0,14			
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	7,28	12,18			
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,53	0,96			
Polidisp 7241 + Aquaflow NLS 205	6567.3.12.1	6567.3.12.2	6567.3.12.3		
	1% Aquaflow NLS 205	2% Aquaflow NLS 205	3% Aquaflow NLS 205		
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	-	-	-		
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	2,26	3,24	-		
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,97	1,62	2,94		
Polidisp 7241 + Optiflo L100	6567.3.13.1	6567.3.13.2	6567.3.13.3	6567.3.13.4	6567.3.13.5
	1% Optiflo L100	2% Optiflo L100	3% Optiflo L100	4% Optiflo L100	5% Optiflo L100
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,12	0,17	0,21	0,27	0,25
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	1,92	2,36	2,63	3,09	3,26
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,71	0,93	1,11	1,28	1,45

Tabela 22 - Viscosidades *ICI*, *Brookfield* e *Stormer* da resina Polidisp 7241 com concentração de 1 a 5% de diferentes espessantes associativos. (continuação)

<b>Polidisp 7241 + Rheovis PU 1331</b>	<b>6567.3.14.1</b>	<b>6567.3.14.2</b>	<b>6567.3.14.3</b>		
	<b>1% Rheovis PU 1331</b>	<b>2% Rheovis PU 1331</b>	<b>3% Rheovis PU 1331</b>		
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,17	0,28	0,26		
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	2,72	3,23	-		
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	1,21	1,41	1,92		
<b>Polidisp 7241 + Aquaflow XLS 530</b>	<b>6567.3.15.1</b>	<b>6567.3.15.2</b>	<b>6567.3.15.3</b>		
	<b>1% Aquaflow XLS530</b>	<b>2% Aquaflow XLS530</b>	<b>3% Aquaflow XLS530</b>		
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	-	-	-		
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s)	-	-	-		
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	2,14	3,38	5,78		
<b>Polidisp 7241 + Aquaflow NHS 356</b>	<b>6567.3.16.1</b>	<b>6567.3.16.2</b>	<b>6567.3.16.3</b>	<b>6567.3.16.4</b>	<b>6567.3.16.5</b>
	<b>1% Aquaflow NHS 356</b>	<b>2% Aquaflow NHS 356</b>	<b>3% Aquaflow NHS 356</b>	<b>4% Aquaflow NHS 356</b>	<b>5% Aquaflow NHS 356</b>
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,10	0,13	-	-	-
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	1,68	2,06	1,90	1,98	2,04
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	0,61	0,80	0,87	0,95	1,02
<b>Polidisp 7241 +Rheolate 6008</b>	<b>6567.3.17.1</b>	<b>6567.3.17.2</b>	<b>6567.3.17.3</b>	<b>6567.3.17.4</b>	<b>6567.3.17.5</b>
	<b>1% Rheolate 6008</b>	<b>2% Rheolate 6008</b>	<b>3% Rheolate 6008</b>	<b>4% Rheolate 6008</b>	<b>5% Rheolate 6008</b>
Visc. <i>ICI</i> (Pa.s)	0,15	0,15	-	-	-
Visc. <i>Brookfield</i> (Pa.s) P4/50	2,82	3,69	-	-	-
Visc. <i>Stormer</i> (Pa.s)	1,37	1,84	2,37	2,60	3,20