

UNIVERSIDADE FEEVALE

GRACIELA MACHADO DA SILVEIRA

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE ADITIVOS ANTIESPUMANTES EM TINTAS
BASE ÁGUA**

Novo Hamburgo

2012

GRACIELA MACHADO DA SILVEIRA

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE ADITIVOS ANTIESPUMANTES EM TINTAS
BASE ÁGUA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Industrial Química, Habilitação
em Desenvolvimento de Matérias Primas,
pela Universidade Feevale.

Orientadora: Prof^a Dr^a Vanusca Dalosto Jahno

Novo Hamburgo

2012

GRACIELA MACHADO DA SILVEIRA

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Industrial Química, com título **Avaliação dos efeitos de aditivos antiespumantes em tintas base água**, submetido ao corpo docente da Universidade Feevale, como requisito necessário para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Industrial Química – Habilitação em Desenvolvimento de Matérias Primas.

Aprovado por:

Professora Orientadora Dr^a Vanusca Dalosto Jahno
Universidade Feevale

Professora Dr^a Viviane de Lima
Banca examinadora - Universidade Feevale

Professora Dr^a Patrice Monteiro de Aquim
Banca examinadora – Universidade Feevale

Químico Licenciado Rodrigo Della Flora
Banca examinadora – PPG Industrial do Brasil Tintas e Vernizes Ltda.

Novo Hamburgo, 21 de junho de 2012.

Dedico este trabalho aos meus pais, Pedro e Rosaria, a base da minha família, que sempre estiveram ao meu lado, me incentivando e orientando para que conseguisse atingir este meu objetivo. Muito obrigada por todo o amor e apoio que me foram dedicados ao longo deste trajeto.

AGRADECIMENTOS

Este é o momento de refletirmos e reconhecermos que nada do que realizamos em nossas vidas é de mérito exclusivamente nosso. Nos “bastidores” da minha vida, existem muitas pessoas que foram importantíssimas nesta caminhada, também responsáveis pela minha realização profissional e pessoal, como Engenheira Química.

O meu primeiro e mais importante agradecimento é a Deus, que é tudo na minha vida. É Dele que vem a força, a paciência, a calma, a alegria, a disposição, a luz e o amor incondicional que nos leva amadurecer e atingir todos os nossos sonhos, reconhecendo que sem Ele nada nos seria possível.

Agradeço aos meus pais, que são a minha base e exemplo. Obrigada pelo amor, dedicação e presença em todos os momentos da minha vida. À minha grande família, pelo apoio e paciência nos momentos de ausência. Especialmente agradeço ao meu marido, Leonardo, que sempre me incentivou e esteve ao meu lado, com amor e compreensão, nos momentos mais difíceis desta trajetória, me auxiliando sempre que possível. Eu amo muito cada um de vocês. Vocês são uma benção maravilhosa de Deus na minha vida. Muito obrigada!

Também quero expressar meus agradecimentos ao meu supervisor Rodrigo Della Flora pelo total apoio e orientação neste trabalho, e aos colegas e amigos do Laboratório de Desenvolvimento da PPG Industrial do Brasil. Além disso, nada seria possível sem a autorização e compreensão da gerência do Sr. Leandro Galuschka, a quem também devo agradecer.

À minha querida orientadora, Prof^a. Dra. Vanusca Dalosto Jahno, com quem aprendi que a calma é muito importante para organizar as idéias e colocá-las em prática. Muito obrigada pela sua disponibilidade e dedicação, que foram indispensáveis para elaboração e conclusão deste trabalho.

Enfim, a todos vocês o meu muito obrigado!

“Se tu podes crer; tudo é possível ao que crê.”

Marcos 9.23

RESUMO

O desempenho e a qualidade das tintas à base de água estão diretamente relacionadas ao processo produtivo e à escolha de uma formulação equilibrada, com a seleção de componentes e aditivos adequados que contribuam para a excelência da tinta na aplicação para a qual é recomendada. Em função disso, a escolha de um aditivo antiespumante eficaz é de grande importância e precisa ser considerada. Sendo assim, este trabalho pretende apresentar o estudo experimental da influência dos aditivos antiespumantes em diferentes formulações de tintas à base de água, comparando ainda aditivos de diferentes naturezas químicas, à base de óleo mineral e os siliconados. Foram preparadas três composições de tintas, variando o antiespumante, nas quais avaliou-se o impacto deste componente no produto final, através dos testes de Viscosidade *Krebs Stormer*, pH, Massa Específica, Poder de Cobertura, Sensibilidade à Água, Abrasão Úmida, Estabilidade Acelerada, Brilho, Desempenho por Massa Específica e Desempenho por Tempo de Quebra de Espuma, realizados nas tintas, além do teste de Ação Antiespumante, aplicado diretamente ao aditivo. A partir dos resultados obtidos foi possível avaliar a influência dos antiespumantes nas características e propriedades finais das formulações de tintas foscas, semibrilho e altobrilho, contempladas neste estudo. Além disso, foram aprovados aditivos antiespumantes com qualidade igual ou superior ao aditivo padrão utilizado, para as três linhas de produtos. Na formulação de tinta fosca, os três aditivos testados (A2, B1 e B3) foram tecnicamente aprovados e no caso das tintas semibrilho e altobrilho, após análise de todos os resultados encontrados, concluiu-se que o aditivo A2 não é adequado para tais formulações específicas, nas dosagens testadas, e somente o aditivo B3 obteve a aprovação técnica para estas linhas de produtos.

Palavras-chave: Antiespumante, Bolhas, Tinta.

ABSTRACT

The performance and quality of water based paints are directly related to the production process and the choice of a balanced formulation, with the selection of suitable additives and components that contribute to excellence in the paint application for which is recommended. As a result, the choice of an effective antifoam additive is of great importance and must be considered. Thus, this paper intends to present the experimental study of the influence of antifoam additives in different formulations of water-based paints, additives still comparing different chemical nature, the mineral oil base and silicone. Three compositions were prepared paint, changing the antifoam, in which we evaluated the impact of this component in the final product, through tests of Krebs Stormer Viscosity, pH, Specific Gravity, Power Coverage, Sensitivity to Water, Wet Abrasion, Accelerated Stability, Brightness, Performance by Specific Gravity and Performance by Time Foam Wrap, made in paint, and test Antifoam Action, applied directly to the additive. From the results, it was possible to evaluate the influence of the antifoam characteristics and properties in the final matte paint formulations, semigloss and highgloss contemplated in this study. In addition, antifoam additives approved quality less than the standard additive used for the three rows of products. In the formulation of flat paint, the three additives tested (A2, B1 and B3) are technically approved and in the case of semigloss paints and highgloss, after examination of all the results, it is concluded that the additive A2 is not suitable for such formulations specific at the doses tested, and only the additive B3 obtained technical approval for these product lines.

Key-Words: Antifoam, Bubbles, Paint.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estabilização da espuma com tensoativos.	29
Figura 2 - Estabilidade da bolha em (a) líquido puro e (b) líquido com tensoativo. ...	29
Figura 3 - Penetração do antiespumante na lamela de uma bolha.	31
Figura 4 - Comportamento do antiespumante adequado.	32
Figura 5 - Cratera.	37
Figura 6 - Misturador do tipo <i>cowles</i> . (a) Hélice de dispersão e (b) Hélice de completagem.	45
Figura 7 - Aditivos antiespumantes.	45
Figura 8 - Amostra representativa das tintas.	46
Figura 9 - Ilustração da formação de espuma.	47
Figura 10 - Picnômetro de 100mL.	50
Figura 11 - Cartela de contraste Leneta.	51
Figura 12 - Agitador <i>Red Devil</i>	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - A composição da tinta.....	20
Quadro 2 - Classificação dos pigmentos.....	23
Quadro 3 - Divisão dos aditivos.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composições do Teste Prévio.	40
Tabela 2 - Composições do Teste Final.....	43
Tabela 3 - Parâmetros de especificação para viscosidade.	58
Tabela 4 – Parâmetros de especificação para massa específica.....	61
Tabela 5 - Limite mínimo dos requisitos de desempenho.	64
Tabela 6 - Parâmetros de especificação para brilho.	67
Tabela 7 - Impacto dos aditivos antiespumantes no custo final da formulação.....	74

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Avaliação de ação antiespumante.....	57
Gráfico 2 - Avaliação de viscosidade.	59
Gráfico 3 - Avaliação de pH.....	60
Gráfico 4 - Avaliação de massa específica.	61
Gráfico 5 - Avaliação de poder de cobertura.....	62
Gráfico 6 - Avaliação de abrasão úmida.	65
Gráfico 7 - Avaliação da viscosidade após estabilidade acelerada.....	66
Gráfico 8 - Avaliação de brilho.	68
Gráfico 9 - Teste de desempenho por massa específica.	70
Gráfico 10 - Teste de desempenho por tempo de quebra de espuma.	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AB	Altobrilho
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAFATI	Associação Brasileira de Fabricantes de Tintas
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
FC	Fosca
KU	Unidades Viscosidade <i>Krebs Stormer</i>
NBR	Norma Brasileira
pH	Potencial de Hidrogênio
PQS	Programa Setorial de Qualidade
PVC	<i>Pigment Volume Concentration</i> – Concentração de Pigmento por Volume
SB	Semibrilho
UB	Unidades de Brilho
VOC	<i>Volatile Organic Compound</i> – Composto Orgânico Volátil
TiO ₂	Dióxido de Titânio

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
OBJETIVOS	17
OBJETIVO GERAL	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
1.1 TINTAS	18
1.1.1 <i>Composição da tinta</i>	19
1.1.2 <i>Classificação de tintas arquitetônicas</i>	27
1.2 EFEITO DOS ADITIVOS ANTIESPUMANTES.....	28
1.2.1 <i>Bolhas</i>	28
1.2.2 <i>Aditivos antiespumantes</i>	30
1.2.3 <i>Defeitos de superfície</i>	35
2 MATERIAIS E MÉTODOS	38
2.1 TESTE PRÉVIO	39
2.2 TESTE FINAL.....	42
2.2.1 <i>Materiais</i>	42
2.2.2 <i>Composições</i>	43
2.3 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS	44
2.4 CARACTERIZAÇÃO	46
2.4.1 <i>Ação Antiespumante</i>	47
2.4.2 <i>Viscosidade Krebs Stormer</i>	48
2.4.3 <i>Potencial de Hidrogênio (pH)</i>	48
2.4.4 <i>Massa Específica</i>	49
2.4.5 <i>Poder de Cobertura</i>	50
2.4.6 <i>Sensibilidade à Água</i>	51
2.4.7 <i>Abrasão Úmida</i>	52
2.4.8 <i>Estabilidade Acelerada</i>	53
2.4.9 <i>Brilho</i>	54
2.4.10 <i>Desempenho por Massa Específica</i>	54
2.4.11 <i>Desempenho por Tempo de Quebra de Espuma</i>	56

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
3.1 AÇÃO ANTIESPUMANTE	57
3.2 VISCOSIDADE <i>KREBS STORMER</i>	58
3.3 POTENCIAL DE HIDROGÊNIO (PH)	59
3.4 MASSA ESPECÍFICA	60
3.5 PODER DE COBERTURA	62
3.6 SENSIBILIDADE À ÁGUA	63
3.7 ABRASÃO ÚMIDA	63
3.8 ESTABILIDADE ACELERADA	65
3.9 BRILHO	67
3.10 DESEMPENHO POR MASSA ESPECÍFICA	69
3.11 DESEMPENHO POR TEMPO DE QUEBRA DE ESPUMA	71
3.12 ANÁLISE DE CUSTO DOS ADITIVOS NA FORMULAÇÃO	72
CONCLUSÃO	75
SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78

INTRODUÇÃO

Segundo os dados da ABRAFATI (2012), o Brasil é um dos cinco maiores mercados mundiais para tintas. No país são fabricadas tintas destinadas a diversas aplicações, com alta tecnologia e competência técnica comparável à dos maiores centros mundiais de produção de tintas. As tintas imobiliárias representam cerca de 80% do volume total de produção e 63% do faturamento do setor. Estima-se, para 2012, um crescimento de cerca de 4% no mercado de tintas, em relação ao ano de 2011.

É muito importante considerar que na prática, nas indústrias, não basta que um novo insumo ou processo esteja tecnicamente aprovado para sua implantação. Tão importante quanto à viabilidade técnica é a viabilidade econômica e competitividade dos projetos propostos.

Este trabalho foi realizado com o objetivo principal de estudar e avaliar a influência dos aditivos antiespumantes em tintas base água. Porém, a realidade da atual empresa, na qual este estudo foi executado, também contribui para tentar alcançar um dos objetivos específicos de, se possível, encontrar uma nova alternativa técnica e economicamente viável, para os aditivos padrões que a empresa utiliza atualmente. Isso porque, não há contratipos para estes aditivos, o que representa um problema em caso de falta e/ou atraso no fornecimento destas matérias-primas.

Existe, atualmente, um aditivo antiespumante para as linhas foscas e semibrilho (Padrão A) e um aditivo para a linha altobrilho (Padrão B), ambos considerados neste estudo. Desta forma, qualquer falha na entrega ou fabricação destes aditivos por parte do fornecedor, representa atraso ou parada na produção das tintas, uma vez que não há contratipos aprovados para substituí-los.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve como objetivo geral estudar e avaliar a influência de aditivos antiespumantes para a linha de tintas base água.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Este trabalho teve como objetivos específicos:

- Comparar dois diferentes tipos de aditivos antiespumantes (óleos minerais e siliconados) recomendados para sistemas base água;
- Estudar a influência do aditivo antiespumante nas tintas, aliando custo e desempenho;
- Encontrar uma nova alternativa de fornecimento para os aditivos antiespumantes atualmente utilizados.

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 TINTAS

Tinta é uma composição sólida ou líquida, constituída de um ou mais pigmentos dispersos em um aglomerante líquido que, ao sofrer um processo de cura químico e físico, quando estendida em uma película fina, forma um filme opaco e aderente ao substrato (FAZENDA 2009; PAYNE, 1961).

Conhecidas há mais de 40 mil anos, as tintas foram se desenvolvendo ao longo da história. No século XIX, com o surgimento da indústria de tintas e vernizes, os revestimentos orgânicos ganharam maior difusão popular. Assim como, muitas outras ciências, a indústria de tintas e vernizes sentiu, no século XX, um grande desenvolvimento tecnológico envolvendo a descoberta de novas matérias-primas e otimizações no processo produtivo (FAZENDA, 2009; TINTAS RENNER SA, 2003).

Por muitos séculos, as tintas foram empregadas pelo seu aspecto estético e decorativo. Mais tarde, quando introduzidas em países do norte da América e da Europa, onde as condições climáticas eram mais severas, o aspecto proteção ganhou maior importância. Atualmente, com toda a tecnologia aplicada e mecânica moderna, sua utilização é extensiva a diversas áreas de aplicação, tais como: higiene, iluminação, proteção anticorrosiva, sanitização, demarcação, descontaminação biológica e radioativa, entre outros (FAZENDA, 2009; HOCH, 2006).

As principais aplicações das tintas são no mercado de tintas arquitetônicas, pintura e repintura automotiva, revestimento para plásticos e manutenção industrial. Um dos mais importantes segmentos se refere aos produtos utilizados na linha arquitetônica, também chamada decorativa, imobiliária, tintas de revenda para consumo doméstico ou ainda tintas para a construção civil. No ano de 2008, 864 milhões de litros de produtos imobiliários foram fabricados, correspondente a

aproximadamente 77% do volume total da produção nacional, ou ainda, respondendo por um faturamento equivalente a 59% do total anual pelo setor de tintas (FAZENDA, 2009; LAMBOURNE, 1987).

A necessidade de proteger o meio ambiente tem sido um fator importante no desenvolvimento tecnológico de tintas. Nos últimos anos o conceito de tecnologia limpa e sustentável tem sido considerado pela indústria de tintas, e alcançado impressionantes progressos que tem permitido diminuir consideravelmente a emissão de solventes orgânicos quando da aplicação e cura das tintas. Alguns exemplos destes desenvolvimentos são:

- A substituição dos sistemas à base de solventes orgânicos por sistemas aquosos.
- Desenvolvimento de tintas em pó e cura por radiação.
- Desenvolvimento dos denominados sistemas alto sólidos.
- Redução ou eliminação de produtos considerados tóxicos na composição das tintas (FAZENDA, 2009).

As chamadas tintas látex, como são conhecidas as tintas à base de água, são os produtos de maior comercialização mundial. A facilidade de aplicação aliada ao custo-benefício tornou cada vez mais crescente o emprego destes produtos no campo das tintas imobiliárias. Há ainda, uma forte tendência global no sentido de reduzir-se ainda mais a quantidade de solventes orgânicos utilizados nas formulações das tintas arquitetônicas. Desta forma, também nos países em desenvolvimento, deverá ocorrer a substituição gradual dos sistemas à base de solventes por revestimentos orgânicos à base de água (FAZENDA, 2009).

1.1.1 Composição da tinta

As tintas são basicamente constituídas de resina, pigmentos, cargas minerais, aditivos e solventes. A formulação é uma complexa mistura destas substâncias químicas, na qual os quatro primeiros componentes resultam na parte

sólida da tinta e os solventes constituem a parte volátil. Cada um destes componentes possuem funções e comportamentos peculiares e atribuem características específicas às tintas, conforme se observa no Quadro 1 (LAMBOURNE, 1987; RAVALIA, 2006).

Quadro 1 - A composição da tinta.

Componentes		Função	
Tinta	Veículo (Fase contínua)	Polímero ou Resina (<i>Binder</i>)	Fornece à base de filme contínuo, de vedação ou de outra forma proteger a superfície sobre a qual a tinta é aplicada. Varia em composição química de acordo com o uso final.
		Solvente ou Diluente	O meio pelo qual a tinta pode ser aplicada.
	Pigmento (Fase descontínua)	Aditivos	Componentes menores, ampla na variedade e efeito.
		Pigmento primário (partícula fina orgânica ou inorgânica)	Promove opacidade, cor e outros efeitos ópticos e visuais. É, portanto, mais frequentemente utilizado por razões estéticas. Em <i>primers</i> o pigmento pode ser incluído para propriedades anti-corrosivas.
		Cargas (partículas grossas de material inorgânico)	Usado para uma ampla gama de propósitos incluindo opacidade e obliteração (como adjunto ao pigmento primário), para facilitar o lixamento.

Fonte: Lambourne (1987).

Os principais componentes das tintas estarão descritos de forma mais abrangente, a seguir.

1.1.1.1 Resina

Resina é a parte não volátil da tinta, que serve para aglomerar as partículas de pigmentos. Desempenha o papel de formador de filme, uma vez que é responsável pela formação de um filme contínuo, que une todas as demais matérias-primas da tinta e adere ao substrato, conferindo um acabamento superficial adequado. É também chamada de veículo, ligante, agregante ou *binder* (FAZENDA, 2009; WICKS, 2007).

Além de denominar o tipo de tinta ou revestimento, as resinas podem ser classificadas de acordo com sua massa molar e atribuem o maior número de características e propriedades, tais como: retenção de cor, dureza, flexibilidade, brilho, aderência ao substrato, resistência à abrasão, resistência ao ataque químico e a intempéries e condições de secagem/cura (LAMBOURNE, 1987; RAVALIA, 2006).

Os tipos de resinas mais utilizados em formulações de tintas decorativas são: resinas alquídicas, acrílicas, epóxi, vinílicas, poliuretânicas, óleo resinas, resinas celulósicas e látex (em emulsão). Os tipos mais comuns de tintas obtidos a partir das resinas látex são as tintas látex PVA, poli (acetato de vinila), e as tintas látex acrílico, estirenadas ou puras (RAVALIA, 2006; TINTAS RENNER SA, 2003).

1.1.1.2 Pigmentos e Cargas

Os pigmentos são substâncias sólidas, orgânicas ou inorgânicas, finamente particuladas, coloridas ou não, insolúveis no meio polímero/solvente. Quando utilizados em tintas podem cumprir as seguintes funções: primeiramente e principalmente conferir cor; prover brilho e poder de cobertura, ou seja, capacidade que possui de encobrir o substrato. Também afetam significativamente as propriedades físico-químicas, de aplicação e dos filmes. Os pigmentos podem ser

divididos em quatro grandes grupos: os inertes, brancos, coloridos e pigmentos funcionais (FAZENDA, 2009; RAVALIA, 2006; WICKS, 2007).

Segundo Lambourne (1987) e Payne (1961) os pigmentos podem ser classificados, de acordo com a sua origem, em naturais ou sintéticos, estando distribuídos dentro destes dois grupos os tipos orgânicos e inorgânicos. Naturalmente, com o avanço tecnológico esta divisão com base nas propriedades dos pigmentos torna-se cada vez abrangente. Os pigmentos inorgânicos incluem os brancos, os coloridos e os extensores ou cargas minerais (inertes), entre sintéticos e naturais.

O dióxido de titânio (TiO_2) tipo rutilo é um dos mais importantes pigmentos brancos produzidos e o mais comumente utilizado em tintas. Os pigmentos brancos são utilizados em inúmeras formulações, incluindo coloridas, e destacam-se em relação aos demais pigmentos por conferir maior cobertura ao filme de tinta (FAZENDA, 2009; LAMBOURNE, 1987).

As propriedades dos pigmentos que alteram significativamente as características finais das tintas são: cor, opacidade, absorção de óleo, acidez e a basicidade do pigmento, poder de cobertura, poder de tingimento, resistência à floculação, resistência ao intemperismo, resistência química, solubilidade, dispersabilidade e solidez à luz. Estas propriedades são consideradas para aplicação industrial dos pigmentos, aliadas ao custo da matéria-prima (FAZANO, 1998; RAVALIA, 2006; WICKS, 2007).

O Quadro 2 exhibe a classificação dos pigmentos coloridos e suas respectivas funções, resumidamente.

Quadro 2 - Classificação dos pigmentos.

Classificação	Função
Pigmentos Inorgânicos	Uma grande faixa de pigmentos coloridos (óxidos, sulfocromatos, molibdatos).
Pigmentos Orgânicos	Apresentam complexas estruturas químicas com presença de grupamentos denominados cromóforos e auxócromos, que são os responsáveis pelo fenômeno cor.
Pigmentos Metálicos	Na forma de flocos metálicos suspensos em solvente, de aspecto <i>leafing</i> e <i>non-leafing</i> .
Pigmentos Inertes ou Cargas	São substâncias que servem para melhorar certas características como enchimento, resistência à abrasão e lixabilidade ou, simplesmente, baixar o custo de um determinado tipo de tinta. Também possuem a função de ajustar propriedades reológicas e brilho, além de melhorar características de adesão, principalmente entre camadas. As cargas também influenciam na resistência anticorrosiva, aumentando ou diminuindo a permeabilidade dos filmes, devido à solubilidade ou forma das partículas.

Fonte: Cardoso (2011).

Em contrapartida, os pigmentos funcionais são utilizados com o objetivo de modificar as características de aplicação, aparência ou propriedades do filme de tinta. Esta classe abrange pigmentos que podem ser utilizados como anticorrosivos, fungicidas, retardantes de chama, modificadores de viscosidade, para camuflagem militar, aumento de dureza, entre outros (CARDOSO, 2011).

Os pigmentos inertes, cujas inúmeras funções estão muito bem descritas no Quadro 2, são mais conhecidos, na indústria de tintas, como cargas minerais ou *extenders*, e possuem papel fundamental na formulação, com atribuições e características específicas que variam de acordo com a sua natureza química. Os principais fatores que influenciam na escolha de uma carga são: alvura, granulometria, floculação, brilho, aparência e uniformidade, tempo de dispersão, lavabilidade, poder de cobertura e custo (FAZENDA, 2009; TINTAS RENNER SA, 2003).

Existem no mundo diferentes tipos de minerais, derivados de diferentes tipos de formações geológicas, mas de uma maneira geral há aqueles utilizados internacionalmente, como o talco, caulim, mica, barita, quartzo, diatomita, carbonato de cálcio (natural e precipitado) e também aqueles chamados de "regionais", como agalmatolito, característico da formação geológica brasileira e adaptado à condição de fornecimento local (TINTAS RENNER SA, 2003).

A concentração de pigmentos em um filme tinta é expressa pelo PVC (*Pigment Volume Concentration*). PVC é a fração volumétrica do pigmento sobre o volume total de sólidos do filme seco. Quanto mais alto o PVC, mais fosca será a tinta, em função desta relação (FAZENDA, 2009; STOYE, FREITAG, 1998).

1.1.1.3 Solventes

“Solventes são substâncias utilizadas para solubilizar ou dissolver outros materiais. Em composições de tintas e revestimentos, são geralmente utilizados para dissolver a resina e manter todos os componentes em uma mistura homogênea.” (FAZENDA, 2009).

A parte volátil da tinta pode ser composta por solventes orgânicos, água ou agentes coalescentes. Nas tintas base água, solventes orgânicos nem sempre estão presentes em uma formulação, algumas vezes, nem mesmo em pequena quantidade para ação coalescente, ainda mais com o constante e crescente apelo ambiental, caracterizando e exigindo dos fabricantes as chamadas tintas baixo ou zero VOC - *Volatile Organic Compound* (MULLER, POTH, 2006; STOYE, FREITAG, 1998).

Alguns VOC's sofrem reações fotoquímicas com óxidos de nitrogênio, presentes na atmosfera, produzindo o ozônio de baixo nível. Quase que a totalidade dos solventes é considerada tóxica, sendo assim, como um meio de reduzir a poluição do ar, a maioria das regulamentações que afetam os usuários de solventes tem como foco principal as emissões limitantes de compostos orgânicos voláteis (GARBELOTTO, 2007).

Em função de todas estas questões ambientais, na década de 1950 foram desenvolvidas as tintas base água, com o objetivo de substituir tintas comuns contendo solventes orgânicos e acrescentando as vantagens de ser incombustível e não tóxica. A substituição de solventes por água pode trazer vantagens como: produto não inflamável, menor toxicidade, reduções de poluentes no ar e fácil adaptação às linhas de pintura. Os revestimentos base água tem ainda maior potencial em termos de aplicação, métodos de secagem e usos industriais, bem como possuem o apelo ecológico devido à diminuição da poluição ambiental, e essa tecnologia também proporciona vantagens quanto à redução da periculosidade, proveniente do processo de aplicação (FAZENDA, 2009; STOYE, FREITAG, 1998).

Segundo Ravalía (2006), os solventes contribuem para a dispersão das cargas minerais e reduzem a viscosidade de aplicação, originando o filme contínuo desejado, após a sua evaporação. O que define os solventes a serem utilizados são, basicamente, os tipos de resinas.

Caso não haja a solubilização adequada da resina, devido ao uso de solventes inadequados, podem ocorrer diversos problemas na tinta, tais como: coagulação ou precipitação da resina, perda de brilho, redução da resistência à água, falta de aderência, secagem muito rápida, entre outros. Além da escolha do tipo de solvente adequado, deve-se otimizar também a quantidade e encontrar a proporção ideal. O excesso de solventes pode causar baixa cobertura, escorrimento ou baixa espessura, enquanto a falta dele ou sua excessiva volatilidade podem resultar em arenosidade, difícil retoque, branqueamento ou casca de laranja. Em tintas base aquosa, o solvente orgânico normalmente é requerido como um agente coalescente, controlando a taxa de evaporação da água e a solubilidade da resina à medida que a película seca (FAZENDA, 2009; TINTAS RENNER SA, 2003).

1.1.1.4 Aditivos

Aditivos são substâncias líquidas ou sólidas agregadas à tinta em pequenas quantidades (0,001% a 5% em peso), variando de acordo com a sua função e aplicação. A finalidade da utilização de aditivos nas tintas é proporcionar certas características que não são conseguidas somente com os demais componentes e facilitar os processos de fabricação e aplicação das tintas. Estes componentes influenciam significativamente na manufatura, estabilidade, aplicabilidade, qualidade e aspecto do filme aplicado (FAZENDA, 2009; RAVALIA, 2006).

Os aditivos são normalmente divididos em grupos por função e não por forma física ou composição química. O Quadro 3 apresenta a divisão dos aditivos em grupos, com base no seu mecanismo de atuação (FAZENDA, 2009).

Quadro 3 - Divisão dos aditivos.

Grupo	Função
Aditivo de cinética	Secantes, catalisadores e anti-pele.
Aditivo de reologia	Espessantes e antiescorrimento.
Aditivo de processo	Surfactantes, umectantes, dispersantes, antiespumantes e nivelantes.
Aditivo de preservação	Biocidas, fungicidas e estabilizantes de ultravioleta.

Fonte: Fazenda (2009).

Devido à complexidade de uma formulação de tinta, um aditivo pode desempenhar múltiplas funções, exigindo bastante estudo e atenção por parte do formulador, buscando um equilíbrio ideal para sua formulação, considerando a importância de cada propriedade. Com base na experiência e experimentos, o tipo e a quantidade de cada aditivo usado devem ser cuidadosamente selecionados e otimizados (DAVISON, 2003; RAVALIA, 2006).

Normalmente os aditivos são selecionados de acordo com os seguintes critérios: funcionalidade, disponibilidade, compatibilidade, preço, relação custo-benefício. Os aditivos influenciam também no custo de matérias-primas da formulação, pois existem aditivos muito caros comparados a média de custo das demais matérias-primas utilizadas (BIELEMAN, 2001).

1.1.2 Classificação de tintas arquitetônicas

As tintas imobiliárias são classificadas de acordo com os requisitos mínimos de desempenho estabelecidos pela Norma ABNT NBR 15079, que obriga os fabricantes a informar no rótulo da embalagem qual é o padrão de seu produto. Essa classificação considera os seguintes itens: o poder de cobertura de tinta seca e de tinta úmida, e a resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva e com pasta abrasiva. Segundo a ABRAFATI (Associação Brasileira de Fabricantes de Tintas), o mercado total imobiliário é dividido da seguinte forma: 40% tintas *Premium*, 20% tintas *Standard* e 40% tintas econômicas (CARDOSO, 2010).

A ABRAFATI desenvolve um trabalho em prol da qualidade no mercado de tintas, o chamado Programa Setorial de Qualidade – Tintas Imobiliárias (PQS). Como resultado direto deste programa e desta conscientização, é possível observar que aproximadamente 90% do volume de tintas imobiliárias vendido no Brasil atendem aos requisitos mínimos de qualidade. Este percentual continua crescendo gradativamente, com o ingresso de novos fabricantes no PQS e com a retirada do mercado ou ajuste de marcas não conformes (REVISTA ABRAFATI, 2011).

1.2 EFEITO DOS ADITIVOS ANTIESPUMANTES

As bolhas são sempre indesejáveis nas tintas, porém são formadas ao longo do próprio processo produtivo, podendo ocasionar problemas no enlatamento do produto, defeitos de superfície e prejuízo no desempenho e proteção, identificados após a aplicação da tinta. Além do processo produtivo, quase todos os componentes das tintas podem afetar, positiva ou negativamente, o comportamento das bolhas. Adicionalmente, o substrato a ser aplicado e o método de aplicação também afetam o comportamento das bolhas (FAZENDA, 2009; HEGEDUS, 2011).

1.2.1 Bolhas

A bolha pode ser definida como uma fina distribuição de gás, geralmente ar, na fase líquida. Um aspecto característico das bolhas é a larga interface entre o gás e o líquido, tratando-se de uma interface lamelar que separa uma bolha de gás da outra. Todo sistema líquido tenta, por razões de energia, manter a sua área de superfície a menor possível, por ser o menor estado energético possível. Sabendo-se que as bolhas representam um estado de alta energia, elas só podem existir devido aos efeitos estabilizantes da bolha, ou seja, quando houver condições para que ela se estabilize (BYK CHEMIE 1, 2008; ORR, 1998).

Esta teoria explica o fato dos líquidos puros não formarem bolhas e as tintas sim. Isso ocorre devido à presença de substâncias estabilizadoras de espumas na formulação, produtos interfacialmente ativos, como os tensoativos e surfactantes. Estes aditivos caracterizam-se por apresentarem subgrupos hidrofóbicos e hidrofílicos em sua estrutura molecular. Por causa da orientação destes elementos estruturais, no sentido líquido/gás, reduzindo a tensão superficial, todos os pré-requisitos necessários para uma espuma estável estarão disponíveis, conforme se observa na Figura 1 (BYK CHEMIE 1, 2008).

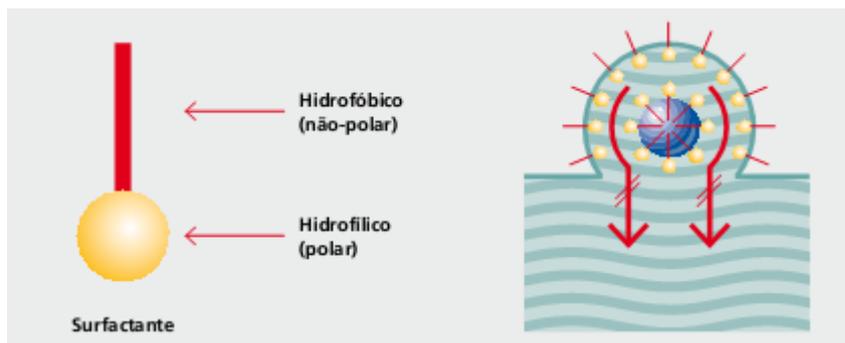


Figura 1 - Estabilização da espuma com tensoativos.

Fonte: BYK CHEMIE 1 (2008).

Quando um fluxo de ar é introduzido em um líquido as bolhas assumem uma forma esférica e fluem através do líquido, subindo para a superfície devido a sua menor densidade em relação ao líquido. Em um líquido puro, quando as bolhas atingem a superfície ocorre o efeito drenagem, quando o líquido flui para baixo, para fora da lamela da bolha, que se torna mais fina e a bolha se rompe. Já em um líquido contendo agentes tensoativos as bolhas instáveis formam espumas estáveis, pois são revestidas pelo tensoativo e quando atingem a superfície, que também contém tensoativos, recebem uma segunda camada estabilizadora. A Figura 2 mostra esta diferença entre um líquido puro e um líquido contendo tensoativo, que simula uma formulação de tinta (FAZENDA, 2009; TEGO, 2012).

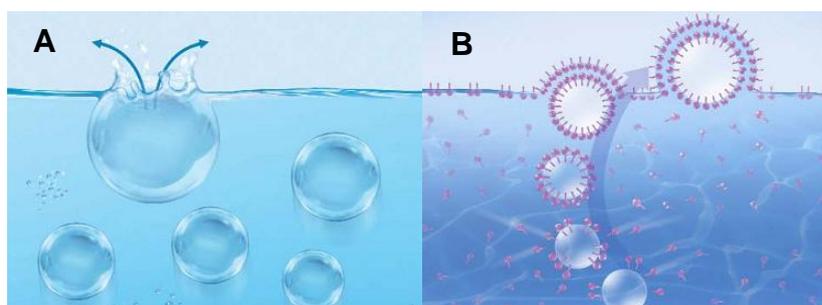


Figura 2 - Estabilidade da bolha em (a) líquido puro e (b) líquido com tensoativo.

Fonte: TEGO (2012).

Existem outros efeitos adicionais que contribuem para estabilização de bolhas, como, por exemplo, o efeito de repulsão eletrostática das moléculas surfactantes e o efeito de elasticidade de Gibbs (FAZENDA, 2009; PAUL, 1985).

Toda formulação de tinta, seja base água ou solvente, contém inúmeras substâncias estabilizadoras de espumas, de várias origens e estruturas químicas. Em função disso, toda tinta é capaz de estabilizar espuma. Como não é possível evitar a presença destas substâncias estabilizadoras de espumas faz-se necessário o uso de aditivos antiespumantes nas formulações de tintas (FAZENDA, 2009).

1.2.2 Aditivos antiespumantes

São aditivos utilizados para prevenir a formação de espumas e bolhas ou destruir as já formadas durante o processo de fabricação da tinta e na aplicação final do produto (FAZENDA 2009; PAYNE, 1961).

Os antiespumantes disponíveis no mercado podem ser direcionados a algum tipo específico de tinta ou oferecidos para uso geral. Normalmente, são efetuadas duas adições de antiespumantes ao longo do processo produtivo, uma delas no início e outra no final, de forma a otimizar sua ação. O desempenho destes aditivos é altamente influenciado pela formulação, processo pelo qual a tinta é preparada e pelo modo de aplicação do produto (LAMBOURNE, 1987; HEGEDUS, 2011).

Os desaerantes são líquidos de baixa tensão superficial, os quais devem apresentar, em geral, as seguintes propriedades: insolubilidade no meio para que ocorra a desaeração, coeficientes de entrada e de expansão positivos (FAZENDA 2009).

O coeficiente de entrada positivo significa que o desaerante pode entrar na lamela da bolha, conforme se observa na Figura 3. Se o coeficiente de expansão também for positivo, o desaerante também poderá agir, expandindo-se na interface.

Em função deste último coeficiente, as substâncias estabilizadoras de espumas (surfactantes) serão puxadas para fora da lamela, que por sua elasticidade prévia tem sua resistência modificada, permanecendo somente sua película, que tem a tensão superficial reduzida, assim como as forças de coesão (BYK CHEMIE 1, 2008; ORR, 1998).

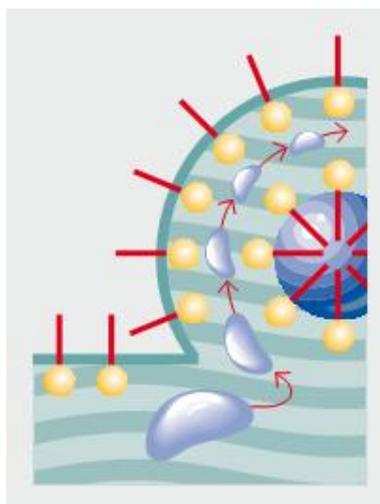


Figura 3 - Penetração do antiespumante na lamela de uma bolha.

Fonte: BYK CHEMIE 1 (2008).

A incompatibilidade seletiva com o meio a ser desaerado é um critério importante na escolha do aditivo antiespumante. Se o aditivo for muito compatível não migrará nas paredes das bolhas, mas sim na tinta, não ocorrendo uma total desaeração do sistema. Porém, se o antiespumante for muito incompatível poderá ocasionar problemas, como névoas e crateras. A incompatibilidade desestabiliza a bolha e desaera o sistema, mas é preciso considerar que há um ponto ótimo em que ocorrerá uma boa desaeração sem o aparecimento de efeitos colaterais negativos. A Figura 4 relaciona estes critérios de forma a auxiliar no entendimento do comportamento dos antiespumantes (BYK CHEMIE 1, 2008).

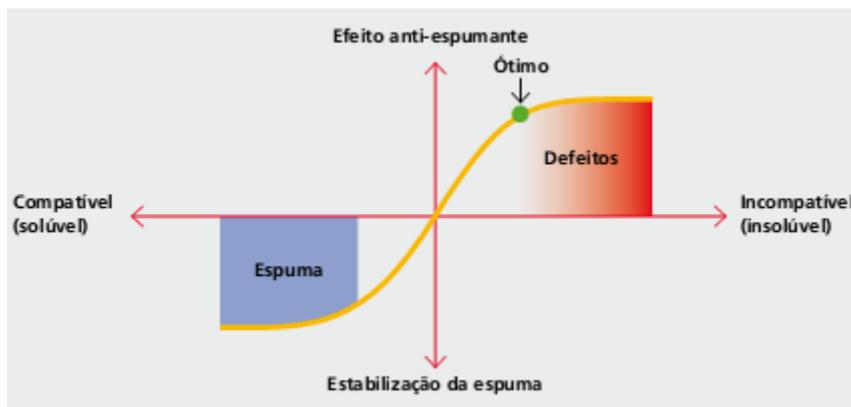


Figura 4 - Comportamento do antiespumante adequado.

Fonte: BYK CHEMIE 1 (2008).

É importante diferenciar desaerante de antiespumante. O primeiro processo que ocorre é o de desaeração, quando a bolha de gás tem que ser jogada para a superfície. Esta é a função dos aditivos desaerantes, aumentar a velocidade de expulsão das bolhas no corpo da tinta, facilitando choque e junção das bolhas, aumentando seu tamanho e fazendo com que migrem para superfície mais rapidamente. Em seguida ocorre a destruição das bolhas de gás por desestabilização, chamada desespumação, efetuada pelos aditivos antiespumantes. Estes estão ativos somente na superfície das tintas, enquanto os desaerantes estão ativos em toda a película. Contudo, na prática, esta diferenciação não é perfeita e, às vezes, não é possível identificá-la, e cada vez mais o mercado exige produtos multifuncionais, sendo um aditivo antiespumante capaz de desempenhar ambas as funções (FAZENDA 2009; MONFARDINI, 2011).

Como em muitos casos de formulação, um aditivo pode funcionar de forma excelente em uma formulação e ser inútil em outra, por isso é muito importante atentar para os tipos de aditivos disponíveis no mercado e suas recomendações de aplicação (LAMBOURNE, 1987; PAUL, 1985).

Os antiespumantes podem ser classificados de acordo com a sua natureza química em três grupos principais: antiespumantes base óleo mineral, antiespumantes base silicones e antiespumantes poliméricos sem silicones (FAZENDA 2009).

1.2.2.1 *Antiespumantes à base de óleo mineral*

São recomendados para tintas foscas, semibrilho e massas. Não são indicados para tintas industriais aquosas de alta qualidade em função dos defeitos superficiais que irão provocar, tais como separação de fase óleo e redução de brilho. Também não são recomendados para sistemas base solventes, devido ao seu coeficiente de expansão não ser suficientemente alto (FAZENDA 2009).

Um antiespumante à base de óleo mineral é constituído de cerca de 80% de óleo, 15% de partículas hidrofóbicas e os 5% restantes são emulsificantes, biocidas e outros compostos. O óleo mineral pode ser alifático ou aromático. Produtos aromáticos podem causar um amarelamento prematuro na película da tinta, além de eventuais problemas fisiológicos no seu manuseio. As partículas hidrofóbicas, geralmente são utilizadas sílicas hidrofóbicas, apresentam essencial influência na desaeração (FAZENDA 2009; ORR, 1998).

Normalmente são necessárias dosagens maiores quando se utiliza aditivos antiespumantes à base de óleo mineral, porém uma grande vantagem deste em relação aos demais tipos é o baixo custo (READER, 2011).

1.2.2.2 *Antiespumantes à base de silicone*

A substância ativa destes aditivos é o poli (siloxano). Em função disso, os antiespumantes base silicone são líquidos com uma tensão superficial extremamente baixa (FAZENDA 2009; ORR, 1998).

Para se conseguir ação antiespumante é necessário conhecer a estrutura química do poli (siloxano), além de sua compatibilidade e solubilidade no líquido em questão. Por exemplo, um poli (siloxano) de cadeia relativamente curta pode apresentar efeito contrário ao de desaeração e apresentar certa estabilização das

espumas. Além disso, uma solubilidade e incompatibilidade seletiva farão deste ativo um verdadeiro antiespumante. Outro fator decisivo é o peso molecular. Produtos de baixo peso molecular atuam como estabilizadores de espumas, em contrapartida, produtos de alto peso molecular são suficientemente incompatíveis para criar crateras no filme (FAZENDA 2009).

Através de variações na estrutura química do silicone é possível encontrar a “incompatibilidade seletiva”. É possível controlar a compatibilidade pela modificação da cadeia principal do silicone com ramificações orgânicas. Isso explica o fato de se observar comportamentos distintos entre antiespumantes de mesmo grupo, base silicone (BYK CHEMIE 1, 2008).

Antiespumantes à base de silicone para sistemas aquosos são geralmente emulsões de óleos de silicone altamente hidrofóbicos. Normalmente são mais caros que os antiespumantes base óleo mineral, em função do silicone em sua estrutura, sendo indicados principalmente para tintas de melhor qualidade. Estes aditivos podem ser combinados com partículas hidrofóbicas visando aumentar a dispersabilidade e ação antiespumante. Cada antiespumante se diferencia em relação a outro pela partícula hidrofóbica do óleo de silicone empregado e pelo tipo de emulsificante (FAZENDA 2009).

Conforme a literatura técnica da BIK Chemie 1 (2008), a principal vantagem de um antiespumante de silicone, comparado com produtos à base de óleo mineral, é que eles não reduzem o brilho em sistemas aquosos altobrilho, nem alteram a aceitação dos corantes vindos dos concentrados de pigmentos.

1.2.2.3 *Antiespumantes poliméricos sem silicone*

Segundo Fazenda (2009), além dos poli (siloxano)s outros produtos poliméricos podem ser utilizados como aditivos antiespumantes através de uma incompatibilidade seletiva. Em busca de um melhor balanço entre incompatibilidade

e compatibilidade, pode-se modificar intencionalmente a polaridade polimérica e o peso molecular (distribuição do peso molecular). Desaerantes poliméricos compatíveis podem não estabilizar a espuma, podendo apresentar uma ação desaerante meramente fraca ou nem existir.

1.2.3 Defeitos de superfície

Os antiespumantes serão eficientes quando forem insolúveis no meio a ser desaerado e quando também apresentarem certo grau de incompatibilidade seletiva controlada. Como fator resultante podem ocorrer efeitos colaterais como: redução de brilho, turbidez em vernizes, crateras e possível influência na adesão entre demãos (BYK CHEMIE 1, 2008; ORR, 1998).

Os defeitos superficiais mais comuns aparecem durante e após a aplicação da tinta. Os defeitos mais comuns são: umectação insuficiente do substrato, formação de crateras, bolhas, formação de células de Bénard, casca de laranja e sensibilidade à corrente de ar (BYK CHEMIE 2, 2008).

As moléculas de um mesmo líquido interagem entre si em todas as direções, porém na superfície, elas tendem a interagir somente com as moléculas que estão do lado de dentro. Esta interação somente entre as moléculas internas gera, sobre a superfície do líquido, uma força com a intenção de compensar esta tensão interna, gerando uma camada elástica na superfície. Esta força é a chamada tensão superficial, que é um parâmetro muito importante para estes defeitos superficiais em tintas. De forma mais específica, é preciso considerar a diferença de tensão superficial, uma vez que esta diferença é a razão básica dos defeitos superficiais (BYK CHEMIE 2, 2008).

Os principais defeitos associados ao uso de antiespumantes são as formações de bolhas e de crateras. As crateras podem ser originárias de diversas fontes, tais como: por *overspray* com a aplicação de uma névoa de tinta sobre a película seca, quando a gota possui menor tensão superficial que a superfície da

tinta; através de partículas de sujeira, também pela diferença de tensão superficial entre as partículas e a camada de tinta; por substratos sujos ou contaminados; por má umectação do substrato ou ainda pelo uso inadequado de aditivos antiespumantes, principalmente siliconados, quando utilizados em excesso ou devido a má incorporação dos mesmos (BYK CHEMIE 2, 2008).

Contudo, o uso adequado de aditivos de silicone favorece a redução da tensão superficial e melhora a umectação do substrato, e em consequência disto, diminui visivelmente a tendência de eventuais distúrbios provenientes do ambiente, do substrato ou do próprio filme, conforme os citados anteriormente. Aditivos antiespumantes de baixo peso molecular atuam como estabilizadores de espumas, em contrapartida, produtos de alto peso molecular são suficientemente incompatíveis para criar crateras no filme. O ideal é que o aditivo seja suficientemente incompatível para atuar como antiespumante e evitar o aparecimento das bolhas, porém não a ponto de ocasionar crateras no filme. Esta diferença também explica o fato dos aditivos à base de óleo mineral, normalmente de alto peso molecular, não serem recomendados para tintas mais nobres, devido a grande possibilidade de geração de defeitos superficiais, como se observa na maioria dos casos. A aplicação de aditivos antiespumantes deve ser então controlada, garantindo sua eficácia e evitando a ocorrência de efeitos colaterais indesejados (BYK CHEMIE 2, 2008; MONFARDINI, 2011).

Para a formação da cratera, no caso de silicones ou óleos, é gerada uma pequena área de baixa tensão superficial, repelindo a tinta e resultando na cratera, exatamente como pode ser visto na Figura 5 (FAZENDA, 2009).

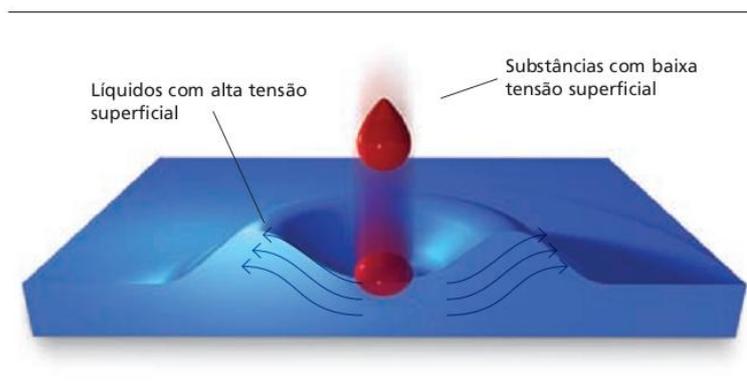


Figura 5 - Cratera.

Fonte: BYK CHEMIE 2 (2008).

A Figura 5 mostra claramente a diferença de tensão superficial, a principal causadora dos defeitos superficiais, conforme já comentado anteriormente.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foi estudada a influência de cinco diferentes aditivos antiespumantes, sendo eles de dois grupos (óleos minerais e siliconados), entendendo e constatando seus efeitos nas características e propriedades finais de três formulações distintas de tintas à base de água. Foram avaliadas as tintas econômicas, através da formulação de tinta fosca e, as tintas *Premium*, com as formulações semibrilho e altobrilho.

Os padrões de tintas utilizadas correspondem a tintas feitas com o aditivo padrão de cada formulação específica. Os padrões das tintas fosca e semibrilho contém um aditivo antiespumante à base de óleo mineral (A) em sua formulação, enquanto o utilizado para a tinta altobrilho é siliconado (B).

Especificamente para este estudo, de forma a preservar a confidencialidade da formulação e especificação dos produtos, foram estabelecidas faixas a serem utilizadas como parâmetros de especificação para cada uma das três linhas de produtos testadas. Estas faixas são abrangentes e representativas para este trabalho, e foram utilizadas para aprovação e reprovação dos aditivos analisados.

É importante destacar que antes desta definição das amostras de aditivos antiespumantes a serem testadas fez-se necessário um teste prévio, devido ao número elevado de amostras disponíveis para análise de desempenho. Através desta pré-avaliação foram selecionadas as amostras que apresentaram melhor relação entre custo e desempenho para uma avaliação mais completa e rigorosa.

As amostras de tintas foram produzidas no Laboratório de Desenvolvimento da empresa PPG Industrial do Brasil Tintas e Vernizes. Os testes práticos das amostras de aditivos e das tintas foram também realizados neste laboratório.

Neste trabalho foram testadas amostras de aditivos antiespumantes comercializados pela *Air Products*, *Evonik Degussa*, *BYK Chemie*, *Emerald Latin America* e *Ashland Aqualon*.

2.1 TESTE PRÉVIO

2.1.1 Materiais

Para o teste inicial foi avaliado um total de dezenove amostras de aditivos antiespumantes, dos fornecedores citados anteriormente. Estas amostras foram testadas em três diferentes formulações de tintas (fosca, semibrilho e altobrilho), selecionadas e direcionadas para teste conforme recomendações dos fabricantes.

A natureza química dos aditivos foi variada, entre elas: óleos minerais e orgânicos (A), siliconados (B) e moleculares (C). Para melhor expressar os resultados, associaram-se letras, conforme citado anteriormente, aos tipos de aditivos, facilitando a compreensão dos resultados.

Sendo assim, as amostras de aditivos foram identificadas como: Padrão A, Padrão B, A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, C1 e C2.

2.1.2 Composições

O aditivo antiespumante entra na formulação em etapas específicas ao longo do processo produtivo, visando otimizar o seu uso.

Inicialmente foi preparada uma amostra para cada tipo de tinta (fosca, semibrilho e altobrilho) sem aditivo antiespumante na formulação, identificada como

tinta em branco. As tintas em branco foram fracionadas e receberam o aditivo ao final, especificamente neste caso, em função do número elevado de amostras e da dificuldade em dedicar um processo específico para cada amostra a ser testada, em função do tempo.

As dosagens utilizadas de antiespumantes foram determinadas de acordo com a recomendação informada na literatura técnica do fornecedor. As recomendações de uso e dosagem dos aditivos antiespumantes são normalmente expressas em termos de PVC das tintas. Desta forma ficou estabelecida a utilização da quantidade máxima de aditivo indicada pelo fornecedor, não excedendo o valor de 0,5% em peso sobre o total da formulação de tinta, uma vez que este excesso inviabilizaria o uso por questões de custo. A Tabela 1 apresenta a composição das tintas previamente testadas.

Tabela 1 - Composições do Teste Prévio.

Característica da Tinta	Aditivo	Natureza Química	Tintas Avaliadas*	Dosagem utilizada (%)
Fosca	Padrão A	Óleo Mineral	FC-Padrão A	0,20
Fosca	A1	Óleo Mineral	FC-A1	0,50
Fosca	A2	Óleo Mineral	FC-A2	0,25
Fosca	A3	Óleo Mineral	FC-A3	0,50
Fosca	A4	Óleo Mineral	FC-A4	0,50
Fosca	A5	Óleo Mineral	FC-A5	0,30
Fosca	A6	Óleo Orgânico	FC-A6	0,50
Fosca	A7	Óleo Orgânico	FC-A7	0,50
Fosca	B1	Siliconado	FC-B1	0,50
Fosca	B2	Siliconado	FC-B2	0,50
Fosca	B3	Siliconado	FC-B3	0,25
Fosca	B4	Siliconado	FC-B4	0,30
Fosca	B5	Siliconado	FC-B5	0,50
Fosca	B6	Siliconado	FC-B6	0,50
Fosca	B7	Siliconado	FC-B7	0,50
Fosca	C1	Molecular	FC-C1	0,50

Tabela 1 - Composições do Teste Prévio (continuação).

Característica da Tinta	Aditivo	Natureza Química	Tintas Avaliadas*	Dosagem utilizada (%)
Fosca	C2	Molecular	FC-C2	0,50
Semibrilho	Padrão A	Óleo Mineral	SB-Padrão A	0,50
Semibrilho	A1	Óleo Mineral	SB-A1	0,50
Semibrilho	A2	Óleo Mineral	SB-A2	0,25
Semibrilho	A3	Óleo Mineral	SB-A3	0,50
Semibrilho	A4	Óleo Mineral	SB-A4	0,50
Semibrilho	A5	Óleo Mineral	SB-A5	0,30
Semibrilho	A6	Óleo Orgânico	SB-A6	0,50
Semibrilho	A7	Óleo Orgânico	SB-A7	0,50
Semibrilho	B1	Siliconado	SB-B1	0,50
Semibrilho	B2	Siliconado	SB-B2	0,50
Semibrilho	B3	Siliconado	SB-B3	0,25
Semibrilho	B4	Siliconado	SB-B4	0,30
Semibrilho	B5	Siliconado	SB-B5	0,50
Semibrilho	B6	Siliconado	SB-B6	0,50
Semibrilho	B7	Siliconado	SB-B7	0,50
Semibrilho	C1	Molecular	SB-C1	0,50
Semibrilho	C2	Molecular	SB-C2	0,50
Altobrilho	Padrão B	Siliconado	AB-Padrão B	0,45
Altobrilho	A1	Óleo Mineral	AB-A1	0,50
Altobrilho	A2	Óleo Mineral	AB-A2	0,25
Altobrilho	A3	Óleo Mineral	AB-A3	0,50
Altobrilho	A4	Óleo Mineral	AB-A4	0,50
Altobrilho	A5	Óleo Mineral	AB-A5	0,30
Altobrilho	A6	Óleo Orgânico	AB-A6	0,50
Altobrilho	A7	Óleo Orgânico	AB-A7	0,50
Altobrilho	B1	Siliconado	AB-B1	0,50
Altobrilho	B2	Siliconado	AB-B2	0,50
Altobrilho	B3	Siliconado	AB-B3	0,25
Altobrilho	B4	Siliconado	AB-B4	0,30
Altobrilho	B5	Siliconado	AB-B5	0,50

Tabela 1 - Composições do Teste Prévio (continuação).

Característica da Tinta	Aditivo	Natureza Química	Tintas Avaliadas*	Dosagem utilizada (%)
Altobrilho	B6	Siliconado	AB-B6	0,50
Altobrilho	B7	Siliconado	AB-B7	0,50
Altobrilho	B8	Siliconado	AB-B8	0,50
Altobrilho	C1	Molecular	AB-C1	0,50
Altobrilho	C2	Molecular	AB-C2	0,50

Fonte: Do Autor.

*Legenda: FC: Abreviação de fosca;
SB: Abreviação de semibrilho;
AB: Abreviação de altobrilho.

2.2 TESTE FINAL

2.2.1 Materiais

Após a realização do teste prévio, foram descartadas do estudo as amostras com desempenho inferior ao do aditivo padrão utilizado atualmente para cada uma das três formulações de tinta. O teste de ação antiespumante foi realizado somente para comparação entre os aditivos, ou seja, somente testes realizados nas tintas tiveram caráter eliminatório.

Desta forma, foram mantidos em teste os aditivos antiespumantes com desempenho técnico igual ou superior ao padrão, com custo competitivo e possível viabilidade de utilização. São eles: Aditivos A2, B1 e B3.

O aditivo B1 foi mantido em teste somente na tinta fosca, pois seu desempenho não foi satisfatório nas formulações semibrilho e altobrilho.

2.2.2 Composições

Para o teste final, após seleção das amostras que ocasionaram melhor desempenho nas tintas em relação ao padrão atual, foram revistas as dosagens de acordo com os resultados apresentados e refeitas as tintas, no processo normal, adicionando o aditivo na sua etapa correta do processo produtivo. Neste caso as dosagens não ficaram superiores às do padrão utilizado, devido à viabilidade em termos de custo final de formulação, uma vez que todos os aditivos testados apresentam custo similar ou superior ao do aditivo antiespumante padrão, atualmente utilizado. A Tabela 2 apresenta a composição exata das amostras testadas na etapa final do estudo.

Tabela 2 - Composições do Teste Final.

Característica da Tinta	Aditivo	Natureza Química	Tintas Avaliadas*	Dosagem utilizada (%)
Fosca	Padrão A	Óleo Mineral	FC-Padrão A	0,20
Fosca	A2	Óleo Mineral	FC-A2	0,20
Fosca	B1	Siliconado	FC-B1	0,20
Fosca	B3	Siliconado	FC-B3	0,20
Semibrilho	Padrão A	Óleo Mineral	SB-Padrão A	0,50
Semibrilho	A2	Óleo Mineral	SB-A2	0,25
Semibrilho	B3	Siliconado	SB-B3	0,20
Altobrilho	Padrão B	Siliconado	AB-Padrão B	0,45
Altobrilho	A2	Óleo Mineral	AB-A2	0,25
Altobrilho	B3	Siliconado	AB-B3	0,20

Fonte: Do Autor.

*Legenda: FC: Abreviação de fosca;

SB: Abreviação de semibrilho;

AB: Abreviação de altobrilho.

2.3 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras foram totalmente processadas em um misturador tipo *cowles*, em laboratório (pequena escala). Para a preparação das amostras foram seguidas as condições normais de processo para fabricação de tintas base água. Houve o cuidado de utilização do mesmo equipamento, assim como os mesmos lotes de matérias-primas para a fabricação, minimizando as variáveis envolvendo processo e matérias-primas.

O processo de fabricação das tintas à base de água, utilizadas como amostra para este trabalho consistiu em duas etapas básicas: dispersão e completagem. Na dispersão, foram adicionados a água, os aditivos e as cargas. Para tintas base água a dispersão é atingida quando a massa de moagem é submetida à força de cisalhamento provocada pelo disco dispersor tipo *cowles* em alta velocidade de rotação, por tempo determinado. Após a dispersão foi efetuada a completagem da tinta, em velocidade de rotação mais baixa, onde acrescentou-se a resina (emulsão) e os demais aditivos necessários para a formulação.

Segundo os fornecedores de aditivos antiespumantes, estes podem ser adicionados em diferentes momentos ao longo do processo produtivo, de acordo com as características específicas de cada um deles e das formulações de tintas nas quais serão utilizados. Neste caso, com a exceção do teste prévio, no qual se adicionou ao final da formulação para otimização de tempo, o antiespumante foi adicionado na etapa usual de adição para as tintas testadas, não variando o momento da adição e garantindo desta forma, a comparação somente entre amostras de aditivos testadas.

A Figura 6 mostra o misturador tipo *cowles* utilizado no preparo das amostras de tintas testadas.

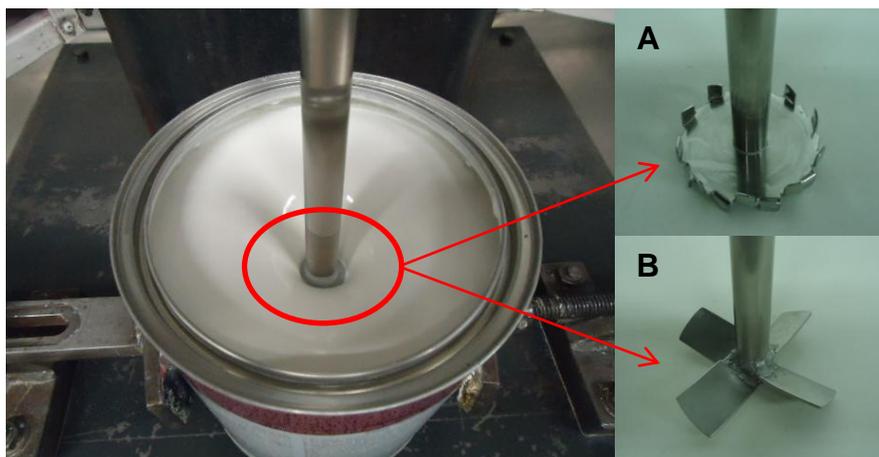


Figura 6 - Misturador do tipo cowles. (a) Hélice de dispersão e (b) Hélice de completagem.

Fonte: Do autor.

Visando um melhor entendimento do estudo realizado e buscando a clareza, a partir deste momento serão tratadas e descritas somente as informações pertinentes ao teste final realizado no trabalho.

As amostras de aditivos antiespumantes testadas na etapa final deste trabalho podem ser observadas na Figura 7.

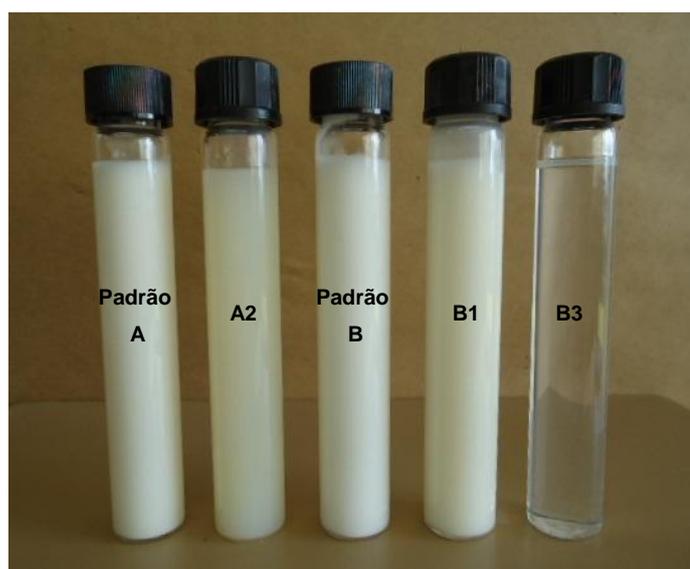


Figura 7 - Aditivos antiespumantes.

Fonte: Do autor.

As tintas obtidas, fabricadas com estes aditivos, foram divididas em três grupos (fosca, semibrilho e altobrilho) para testes comparativos entre si. A Figura 8 exibe uma amostra representativa de tinta, de cada grupo de formulação.



Figura 8 - Amostra representativa das tintas.

Fonte: Do autor.

Para a execução de um dos testes, o de desempenho por tempo de quebra de espuma, houve a necessidade de diluição das tintas, conforme a recomendação e especificação de cada produto, de forma a simular efetivamente o resultado prático e impacto final do aditivo antiespumante na formulação da tinta.

2.4 CARACTERIZAÇÃO

Para análise das propriedades, as amostras de aditivos e as amostras de tintas foram submetidas a testes, comuns na indústria de tintas, descritos a seguir.

É muito importante salientar que todos os testes realizados foram testados em comparação com o aditivo antiespumante atualmente utilizado ou com a tinta preparada com este, em cada formulação distinta testada. Em alguns testes fez-se necessária ainda a comparação com a tinta em branco, sem a adição do aditivo antiespumante.

2.4.1 Ação Antiespumante

Este método é importante para a escolha e aprovação de um novo aditivo antiespumante, porém neste estudo o teste de ação antiespumante foi realizado somente para comparação entre os aditivos, não tendo caráter eliminatório. É aplicado na verificação da ação antiespumante de aditivos e baseia-se na eficiência da amostra em provocar o desaparecimento da espuma em uma solução de emulsão polimérica (resina) e água.

A execução consiste na agitação da solução de emulsão e água, até o aparecimento de espuma e a observação do desaparecimento da mesma, após a adição de determinada quantidade do aditivo antiespumante de interesse, sempre comparando com o aditivo padrão atualmente utilizado, para análise do desempenho.

A norma de referência utilizada para o ensaio trata-se de uma norma interna da empresa PPG Industrial do Brasil. Por isso, a Figura 9 exibe apenas uma imagem ilustrativa da formação de espuma após a agitação. Quanto maior a velocidade de desaparecimento da espuma, após a adição do aditivo, maior é a eficiência do mesmo para este sistema simulado pela mistura de emulsão e água.



Figura 9 - Ilustração da formação de espuma.

Fonte: BYK CHEMIE 1 (2008).

Para expressão dos resultados, foram avaliados o tempo e a facilidade (com ou sem agitação) de desaparecimento da espuma após adicionar o aditivo. De forma a facilitar o entendimento foi dada uma nota, de 1 a 10, para cada um dos aditivos para representar o seu desempenho e ação antiespumante.

2.4.2 Viscosidade *Krebs Stormer*

Utilizada para medir viscosidades em tintas muito viscosas, tendo resultados entre 65 e 141KU – unidades *Krebs*. Avalia a massa necessária para fazer uma hélice, mergulhada na tinta, dar 100 rotações em um tempo de 27 a 33 segundos. Quanto maior a viscosidade da tinta, mais resistência ela oferece à rotação da hélice e, conseqüentemente, mais peso é necessário para atingir as rotações estipuladas. A visualização do ponto final é feita com o auxílio de um sistema estroboscópico presente no equipamento. A conversão de massa para unidades *Krebs* é feito através de uma tabela de conversão que acompanha o equipamento. A norma de referência utilizada para o ensaio foi a norma ASTM D-562-81.

Este é um teste bastante comum aplicado a tintas à base de água e, neste estudo, foi utilizada apenas como controle, por se tratar de um teste obrigatório na avaliação e aprovação de qualquer matéria-prima nova para a formulação. Este teste também influencia e é muito importante no acompanhamento da estabilidade das formulações de tintas.

2.4.3 Potencial de Hidrogênio (pH)

Considerando que a maioria dos espessantes agem em pH mais elevados e que tintas com pH muito baixos poderiam levar à corrosão de substratos, esta análise é básica e fundamental em tintas, sendo a faixa ideal de 8,3 a 9,0. Este teste

foi utilizado neste estudo como controle, por se tratar de um teste obrigatório na avaliação e aprovação de qualquer matéria-prima nova para a formulação e por também influenciar na estabilidade de sistemas base água.

O método está baseado na norma ASTM D-4584-86 e consistiu em utilizar um potenciômetro calibrado para fazer a medição. Tal resultado é função logarítmica da quantidade molar de hidrogênios ionizáveis presentes na tinta.

2.4.4 Massa Específica

O teste de massa específica baseou-se na norma ABNT NBR 15382:2006, na qual utiliza-se o picnômetro. Segundo a definição desta norma técnica, a massa específica é uma característica da substância que constitui um corpo, obtida pelo quociente entre a massa e o volume, onde sua unidade é representada em gramas por centímetro cúbico (g/cm^3). Portanto, a massa resultante da diferença do peso final pelo inicial, dividida pelo volume interno real do picnômetro, previamente calibrado com água destilada, resulta na medida da massa específica da tinta.

A temperatura da determinação pode ocasionar interferência no volume do picnômetro e no seu conteúdo, tanto de água como de tinta. Sendo assim, a temperatura para execução do método ficou padronizada em 25°C. Para as medições de massa específica deste trabalho foi utilizado o picnômetro de 100mL (mililitros), conforme Figura 10.

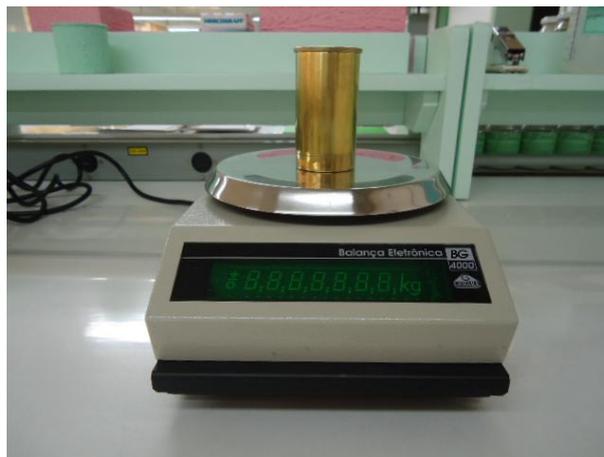


Figura 10 - Picnômetro de 100mL.

Fonte: Do Autor.

Para este estudo, o teste de massa específica é considerado de grande importância. Através deste teste se observa a eficiência do antiespumante em eliminar as bolhas de ar que aparecem ao longo do processo produtivo da tinta. As bolhas de ar formadas ocupam o volume da tinta, no picnômetro, o que ocasiona a queda no valor final da massa específica.

2.4.5 Poder de Cobertura

O poder de cobertura de uma tinta, capacidade de encobrir e impedir a visualização de cor de um substrato, está diretamente ligado à quantidade de cargas micronizadas, flotadas ou precipitadas – como dióxido de titânio e carbonato de cálcio – presentes em sua formulação. Para tal avaliação, aplica-se uma camada de 100 μ m (micrometros) de espessura de tinta em uma cartela de contraste, branca com uma faixa preta, da marca Leneta. Considera-se o poder de cobrir a faixa preta tanto no filme úmido, quanto no seco. A avaliação é visual e comparativa (em relação ao padrão) na qual se utiliza uma escala crescente para expressar o poder de cobertura da tinta, de 1 (pior) a 5 (melhor). A tinta com maior poder de cobertura da faixa preta da cartela (Figura 11) é considerada a nota máxima (5) e as demais

avaliadas comparativamente em relação a esta com melhor desempenho. O método teve origem em uma norma técnica interna da PPG Industrial do Brasil.

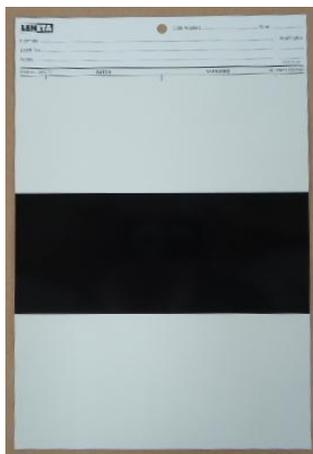


Figura 11 - Cartela de contraste Leneta.

Fonte: Do Autor.

Esta propriedade da tinta pode ser afetada por diversas matérias-primas da formulação, assim como pelo processo produtivo. Por isso, este é um teste básico e obrigatório na avaliação e aprovação de qualquer matéria-prima nova. Além disso, a análise desta propriedade é de grande importância, pois é considerada um dos parâmetros para qualificar uma tinta como Econômica, *Standard* ou *Premium*.

2.4.6 Sensibilidade à Água

Teste aplicado especialmente a tintas para exteriores, no qual foram avaliados os três grupos de formulações. Consistiu em aplicar uma camada de tinta, com um extensor de 250 μ m, em uma cartela envernizada, deixar secar à temperatura e umidade constantes e controlados (25 \pm 2°C e 60 \pm 5%), por 24 e 72 horas e colocar sobre o filme um algodão embebido em água. Em seguida,

observou-se a formação ou não de bolhas na aplicação. Em caso positivo, a tinta deve ser reprovada, pois tintas para exteriores precisam ser resistentes à água.

Este teste foi baseado em uma norma técnica interna da PPG Industrial do Brasil e utilizado como teste de controle para este estudo, pois algumas alterações na formulação podem causar incompatibilidade e comprometer a integridade do filme de tinta.

2.4.7 Abrasão Úmida

A limpeza de revestimentos muitas vezes é feita com a utilização de materiais abrasivos. O teste de abrasão úmida simula condições extremas de atrito em uma superfície de tinta.

A abrasão úmida é também conhecida como lavabilidade. Fundamentalmente, visa avaliar o desgaste em um filme de tinta seco, com 177µm de espessura úmida, quando submetido à abrasão de uma escova com resalto e pasta abrasiva, em casos de tintas de qualidade superior, ou de escova com gotejamento de solução de tensoativo, para tintas econômicas.

Esta análise é de grande importância, pois é considerada um dos parâmetros para qualificar uma tinta como Econômica, *Standard* ou *Premium*. Este também é um teste obrigatório quando se efetua qualquer alteração na formulação, o que explica a utilização deste parâmetro neste estudo de aditivos antiespumantes. Este método foi utilizado como controle.

Para o grupo de amostras de tinta fosca, utilizou-se o método previsto na norma técnica ABNT NBR 15078:2004, com solução de tensoativo, destinado à análise de tintas Econômicas. Neste caso, após 7 dias de cura em temperatura e umidade controlados ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $60\pm 5\%$), a aplicação com 177 µm de espessura úmida foi submetida a escovação, com gotejamento de solução de tensoativo até

que o desgaste atingisse 80% da área percorrida pela escova. Já para os demais grupos, tintas semibrilho e altobrilho, o método utilizado foi o da norma ABNT NBR 14940:2003, realizado nas mesmas condições de cura da tinta, porém o tensoativo foi substituído por pasta abrasiva e um ressalto, devido à qualidade superior destas formulações. Desta vez, o teste foi encerrado quando obtido um desgaste em forma de linha contínua sobre o ressalto na película de tinta. Em ambos os casos, o teste foi realizado em duplicata e a média aritmética destes resultados foi expressa em números de ciclos necessários para a remoção da película de tinta.

2.4.8 Estabilidade Acelerada

A estabilidade de uma tinta deve ser avaliada cuidadosamente, para evitar que a mesma sofra separação de fases, sedimentação, sinerese, excessivo aumento ou diminuição da viscosidade e, até mesmo, quebra da emulsão de resina. Esses problemas descaracterizam as propriedades da tinta, deixando sua qualidade comprometida.

O teste de estabilidade acelerada simula o comportamento da tinta durante a sua vida útil (prazo de validade), especialmente quando submetida a situações críticas, neste caso, com temperatura mais elevada prevendo as possíveis condições críticas de transporte e estocagem dos produtos. Este método foi baseado na norma técnica ASTM D-869-85.

Para realização deste teste de estabilidade acelerada, a tinta foi colocada em estufa a 60°C, em uma lata de 200mL, simulando a condição real de embalagem. A avaliação foi efetuada após 7 dias e após 14 dias em estufa, e os parâmetros analisados foram aspecto, viscosidade e amarelamento (através de aplicação em cartela e comparação visual de cor).

2.4.9 Brilho

É um importante teste para classificação de um produto em fosco, acetinado, semibrilho ou altobrilho. O feixe de luz incidente na superfície do corpo de prova é refletido com o mesmo ângulo, como em um espelho, e é recebido no fotodetector do aparelho *Glossmeter* utilizado. Quanto mais brilhante o corpo de prova, maior a intensidade de luz recebida no fotodetector (FAZENDA, 2009).

A avaliação é feita em diferentes ângulos de reflexão: 20°, 60° e 85°. A geometria de 60° é recomendada para os casos em que as tintas apresentam entre 30 e 70 unidades de brilho (UB). Porém, se o valor obtido a 60° estiver abaixo desta especificação, a medição deve ser repetida em ângulo de 85°, assim como se ficar acima, deve ser repetida em ângulo de 20°. Sendo assim, as tintas muito brilhantes devem ser medidas a 20°, e as foscas, a 85° (FAZENDA, 2009).

A execução do teste foi baseada na norma técnica ABNT NBR 15299:2005 e se deu através da aplicação de um filme de 250µm de tinta sobre uma placa de vidro, seguida de sua secagem em chapa de aquecimento a 40°C por 15 minutos e resfriamento de 10 minutos. Após, foi efetuada a medida do brilho através do aparelho *Glossmeter Sheen 160/T*. É importante ressaltar que a espessura do vidro, a temperatura da chapa e os tempos de exposição ao calor são específicos e padrões, pois quanto mais tempo demora a secagem, maior é o brilho final da aplicação.

2.4.10 Desempenho por Massa Específica

O emprego dos aditivos antiespumantes em tintas serve basicamente para evitar a formação de espumas ou destruir as já formadas no sistema. Este teste é de extrema importância para a escolha e aprovação de um novo aditivo antiespumante,

uma vez que expõe as tintas a uma condição bastante crítica, forçando a formação de espuma, por serem submetidas à forte e constante agitação por tempo determinado. Neste caso, o tempo foi de cinco minutos em agitador tipo *Red Devil*, conforme mostra a Figura 12. Imediatamente após este tempo foi medida a massa específica das amostras. O objetivo do teste foi verificar qual aditivo permite menor incorporação de bolhas de ar ao produto final, através da análise da massa específica, que se torna mais reduzida com o aparecimento das bolhas.



Figura 12 - Agitador *Red Devil*

Fonte: Do Autor.

Para expressão dos resultados, foi considerada a amostra em branco (tinta sem antiespumante) como 0% de desempenho e esta mesma amostra, deixada em repouso, como 100% de desempenho. A ação antiespumante do aditivo foi quantificada através da relação abaixo.

$$Desempenho = \left(\frac{m2 - m3}{m1 - m3} \right) \times 100$$

Sendo:

m1: Massa específica da tinta em branco em repouso.

m2: Massa específica da tinta com antiespumante (experiência) após agitação.

m3: Massa específica da tinta em branco após agitação.

Este teste foi baseado em uma norma técnica interna da PPG Industrial do Brasil.

2.4.11 Desempenho por Tempo de Quebra de Espuma

Este teste é também um dos mais importantes na avaliação de aditivos antiespumantes, por se tratar de uma análise prática que simula exatamente a aplicação da tinta pelo cliente final. Neste caso, houve a necessidade de diluição das tintas, conforme a recomendação e especificação de cada produto, de forma a simular efetivamente o resultado prático e impacto final do aditivo antiespumante na formulação da tinta.

As tintas preparadas com os aditivos a serem testados, foram diluídas com água, igualmente entre si, conforme a especificação de cada um dos grupos (fosca, semibrilho e altobrilho) e, foram aplicadas, também conforme as recomendações de cada tipo de tinta, na vertical em cartela de contraste. As diluições foram de 20% com água para as tintas foscas e semibrilho e 10% com água para as tintas altobrilho.

Imediatamente após a aplicação o tempo foi cronometrado até que todas as bolhas formadas durante a aplicação fossem quebradas, desaparecendo. A análise foi visual e o teste encerrou-se após cinco minutos (trezentos segundos) de aplicação.

A quantificação da ação do aditivo na tinta foi obtida como tendo melhor desempenho, aquele que ao ser aplicado na tinta quebra em menor tempo todas as bolhas formadas na aplicação. Nos casos em que não ocorreu a quebra de todas as bolhas ao final dos trezentos segundos de teste, foi necessária a comparação da quantidade de bolhas restantes, em comparação com a tinta padrão, para verificar se o desempenho foi inferior, similar ou superior ao aditivo padrão utilizado.

Este teste também teve origem em uma norma técnica interna da PPG Industrial do Brasil.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 AÇÃO ANTIESPUMANTE

A partir do Gráfico 1, foi possível analisar os resultados encontrados para os aditivos antiespumantes. O principal objetivo da execução deste experimento foi entender as diferenças e similaridades entre os aditivos.

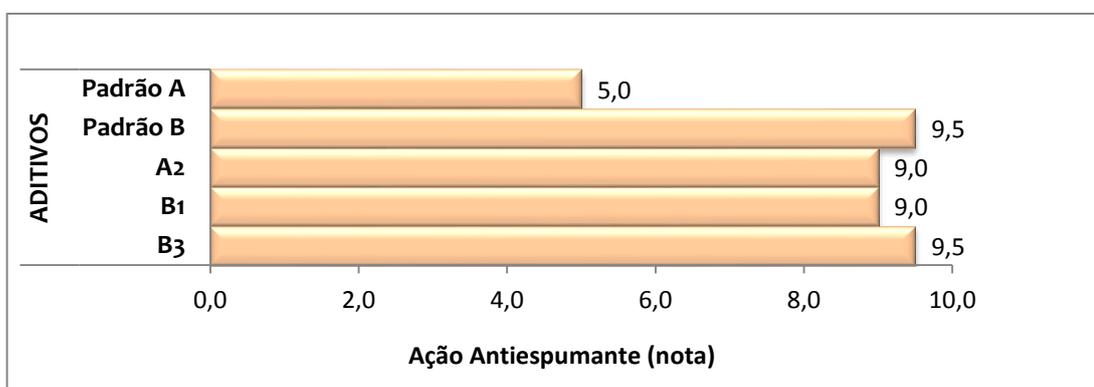


Gráfico 1 - Avaliação de ação antiespumante.

Os resultados foram similares, com exceção do Padrão A, que apresentou desempenho inferior aos demais aditivos. Porém, é necessário e muito importante analisá-los nas formulações nas quais seriam utilizados, de forma a entender se a ação antiespumante é satisfatória nas tintas.

3.2 VISCOSIDADE *KREBS STORMER*

O teste de viscosidade foi utilizado, neste caso, como controle de especificação. Foram adotados parâmetros, representativos para este método, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Parâmetros de especificação para viscosidade.

Característica da Tinta	Mínimo (KU)	Máximo (KU)
Fosca	90	100
Semibrilho	80	90
Altobrilho	75	85

Fonte: Do Autor.

*Legenda: KU - Unidades Viscosidade *Krebs Stormer*.

Os resultados obtidos no teste de viscosidade *Krebs Stormer* podem ser observados no Gráfico 2. Analisando os dados encontrados, de forma geral, se verifica que os aditivos antiespumantes causaram pequenas diferenças, consideradas não significativas, na viscosidade das tintas de uma mesma formulação, apresentando comportamento característico diferente entre os grupos de tintas.

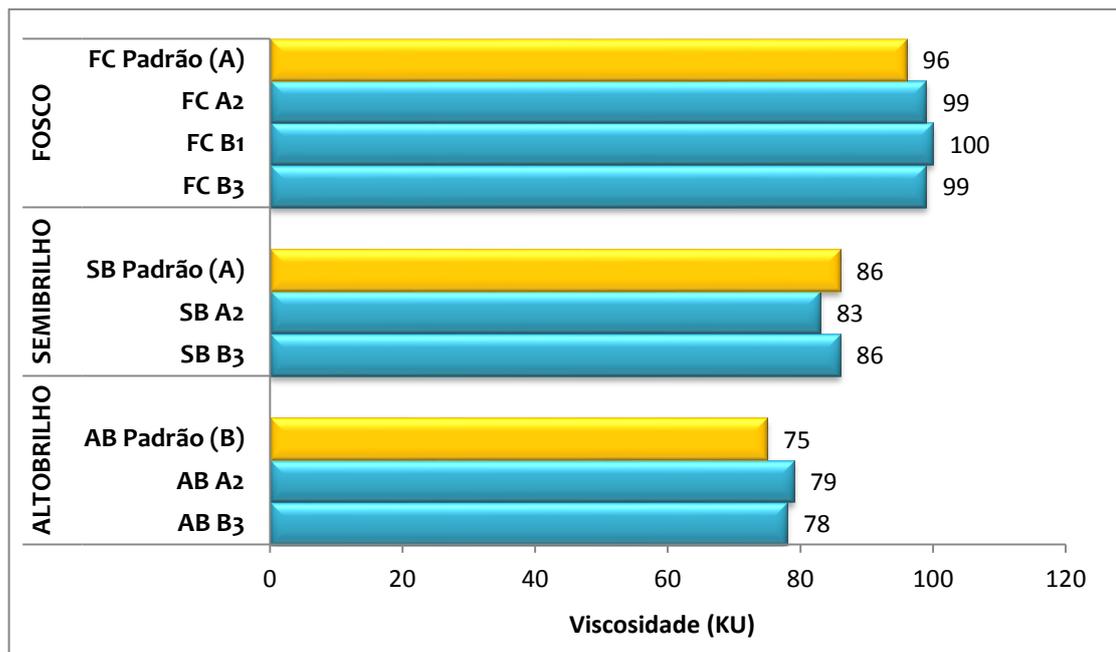


Gráfico 2 - Avaliação de viscosidade.

Neste caso, todas as experiências testadas apresentaram-se muito similares ao padrão atual do produto, e mantiveram-se perfeitamente dentro da especificação das tintas testadas. Portanto, todas as amostras de aditivos foram aprovadas no teste de viscosidade *Krebs Stormer*, nas tintas fosca, semibrilho e altobrilho, em relação ao padrão.

3.3 POTENCIAL DE HIDROGÊNIO (pH)

O teste de pH também foi utilizado, neste caso, como controle de especificação, seguindo a especificação teórica e prática para tintas base água, que devem apresentar pH ideal situado entre 8,3 e 9,0.

O Gráfico 3 evidencia os resultados obtidos para as amostras de tintas avaliadas neste estudo. Estes dados mostram que praticamente não houve alteração no pH das tintas com a mudança dos aditivos antiespumantes na formulação, o que anula o efeito destes aditivos no pH das formulações testadas.

Dois resultados da linha semibrilho apresentaram-se abaixo da especificação ideal, porém não representam problemas neste estudo, uma vez que nos interessa entender a variação em relação ao aditivo padrão atualmente utilizado.

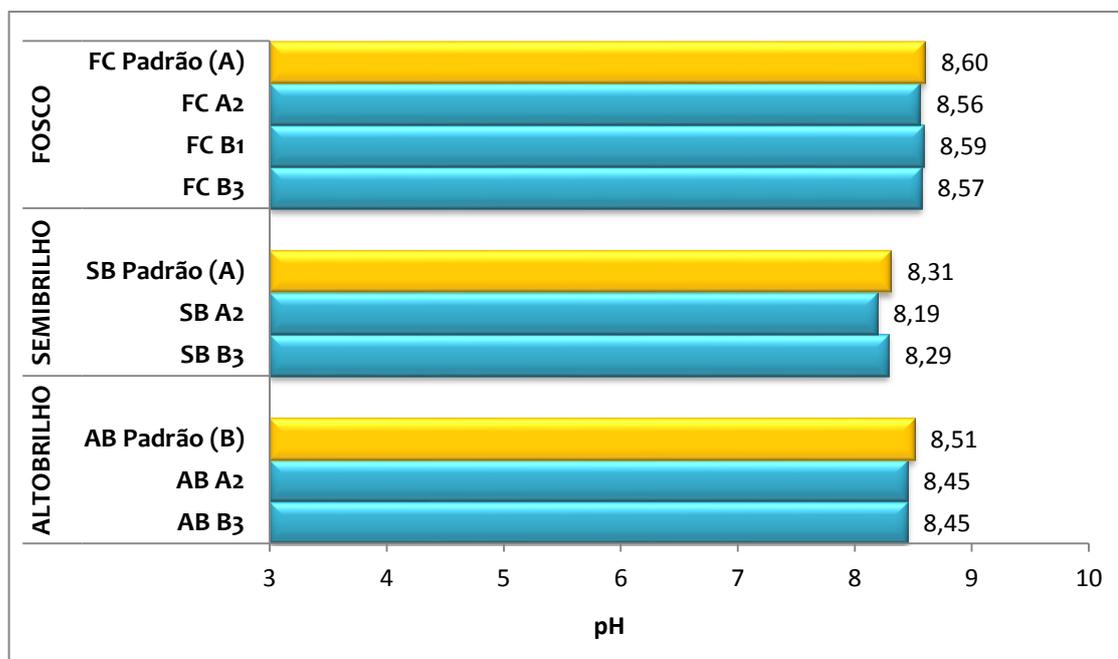


Gráfico 3 - Avaliação de pH.

Neste teste todas as amostras de aditivos foram aprovadas para as tintas fosca, semibrilho e altobrilho, quando comparadas ao seu padrão atual.

3.4 MASSA ESPECÍFICA

Através deste teste se observa a eficiência do antiespumante em eliminar as bolhas de ar que aparecem ao longo do processo produtivo da tinta. Estas bolhas formadas ocupam o volume da tinta, no picnômetro, o que ocasiona a queda no valor final da massa específica. Sendo assim, o aditivo antiespumante mais eficaz é aquele cuja tinta final apresentou maior massa específica, caracterizando menor quantidade de bolhas de ar no produto.

Os parâmetros adotados para este teste são devidamente representativos para este método e estudo, e estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 – Parâmetros de especificação para massa específica.

Característica da Tinta	Mínimo (g/cm³)	Máximo (g/cm³)
Fosca	1,32	1,37
Semibrilho	1,20	1,25
Altobrilho	1,20	1,25

Fonte: Do Autor.

Conforme se observa no Gráfico 4, os resultados encontrados foram iguais entre os aditivos em cada formulação específica, mostrando a mesma eficiência entre os mesmos, tal como a do padrão utilizado atualmente.

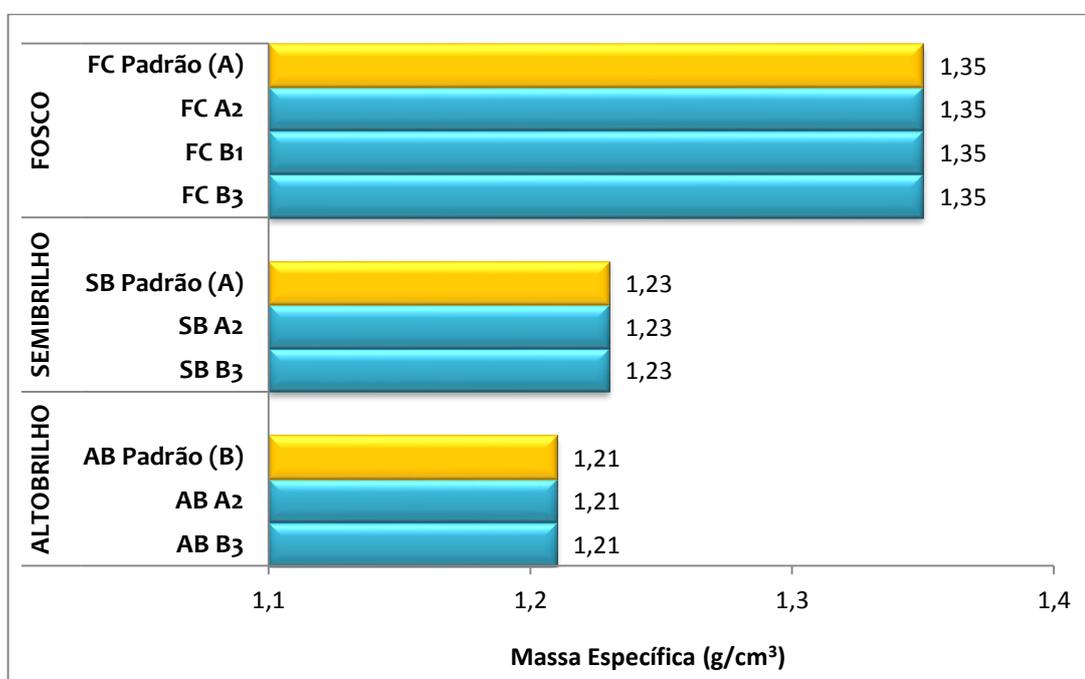


Gráfico 4 - Avaliação de massa específica.

Para o teste de massa específica, todas as amostras de aditivos foram tecnicamente aprovadas nas tintas foscas, semibrilho e altobrilho, quando comparadas com o padrão atual.

3.5 PODER DE COBERTURA

O poder de cobertura foi utilizado como teste de controle neste estudo, buscando entender a influência direta do aditivo antiespumante na cobertura da tinta.

Este método foi de avaliação visual da aplicação em cartela de contraste, no qual se utilizou uma escala crescente para expressar o poder de cobertura da tinta, de 1 (pior) a 5 (melhor). O Gráfico 5 exibe os resultados encontrados.

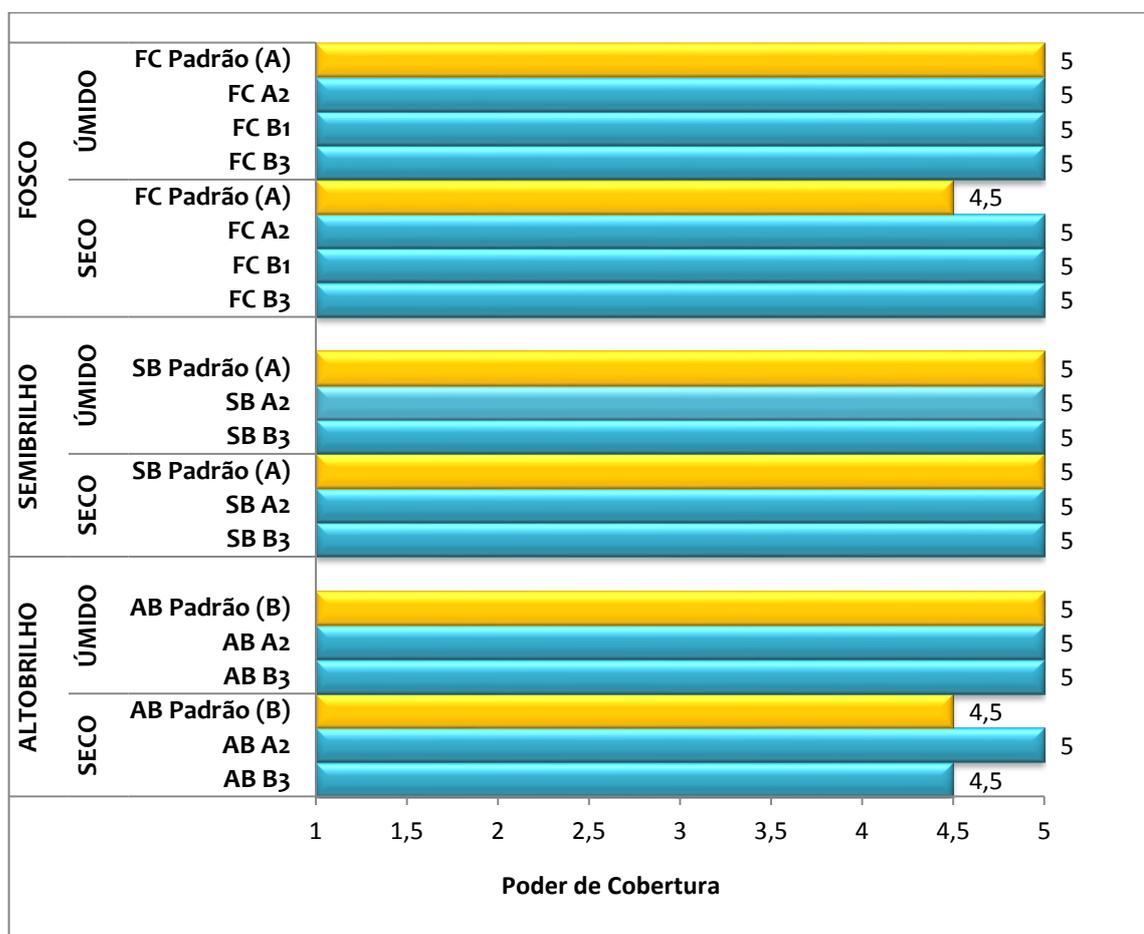


Gráfico 5 - Avaliação de poder de cobertura.

É visto que, o poder de cobertura úmido das tintas não sofreu alteração com a mudança do aditivo antiespumante, uma vez que todas as amostras apresentaram o mesmo resultado prático. Na cobertura seca se observa uma leve defasagem, cerca de 10%, da tinta padrão em relação às experiências, nas formulações de tinta fosca e altobrilho, o que representa uma vantagem para os novos aditivos quando comparados ao padrão. Na tinta semibrilho não foi visível diferença alguma no poder de cobertura seco. Com isso, todas as amostras testadas foram aprovadas neste teste, em relação ao padrão atual.

3.6 SENSIBILIDADE À ÁGUA

Neste teste todas as experiências apresentaram-se normais, sem a presença de bolhas ou alterações de aspecto, quando os filmes foram submetidos à presença de um algodão embebido em água, após 24 horas e 72 horas de aplicação nas condições previamente estabelecidas. Os resultados mostraram que os filmes da tinta seca não ficaram sensíveis à presença de água em função da troca dos aditivos antiespumantes na formulação, não havendo impacto, neste caso. Este método, conforme já citado, foi estabelecido como teste de controle de especificação, no qual as amostras testadas foram aprovadas comparativamente ao padrão.

3.7 ABRASÃO ÚMIDA

A norma brasileira ABNT NBR 15079:2011 especifica os requisitos mínimos de desempenho de tintas para edificações não industriais, tintas látex nas cores claras. Entre estes requisitos está o teste de lavabilidade, conforme os parâmetros descritos abaixo, na Tabela 5.

Tabela 5 - Limite mínimo dos requisitos de desempenho.

Requisitos	Método de ensaio	Unidade	Tinta Látex Econômica	Tinta Látex Standard	Tinta Látex Premium
Resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva	ABNT NBR 15078	Ciclos	100	-	-
Resistência à abrasão úmida com pasta abrasiva	ABNT NBR 14940	Ciclos	-	40	100

Fonte: ABNT NBR 15079:2011

A formulação de tinta fosca avaliada neste trabalho corresponde a de uma tinta látex Econômica, enquanto as formulações das tintas semibrilho e altobrilho, correspondem a tintas classificadas como *Premium*. Os parâmetros foram então utilizados de acordo com estas especificações.

O Gráfico 6 exibe a média aritmética dos resultados, em ciclos, encontrados neste teste de abrasão úmida, realizado em duplicata. A variação nos resultados foi maior na formulação de tinta fosca, cujo método é mais complexo e mais propenso à influência de fatores externos (inerentes ao próprio método) e internos (pertinentes à formulação do produto). Nas tintas semibrilho e altobrilho, os resultados foram mais homogêneos e bastante similares entre si, o que demonstra pouca influência da troca do aditivo antiespumante da formulação padrão original.

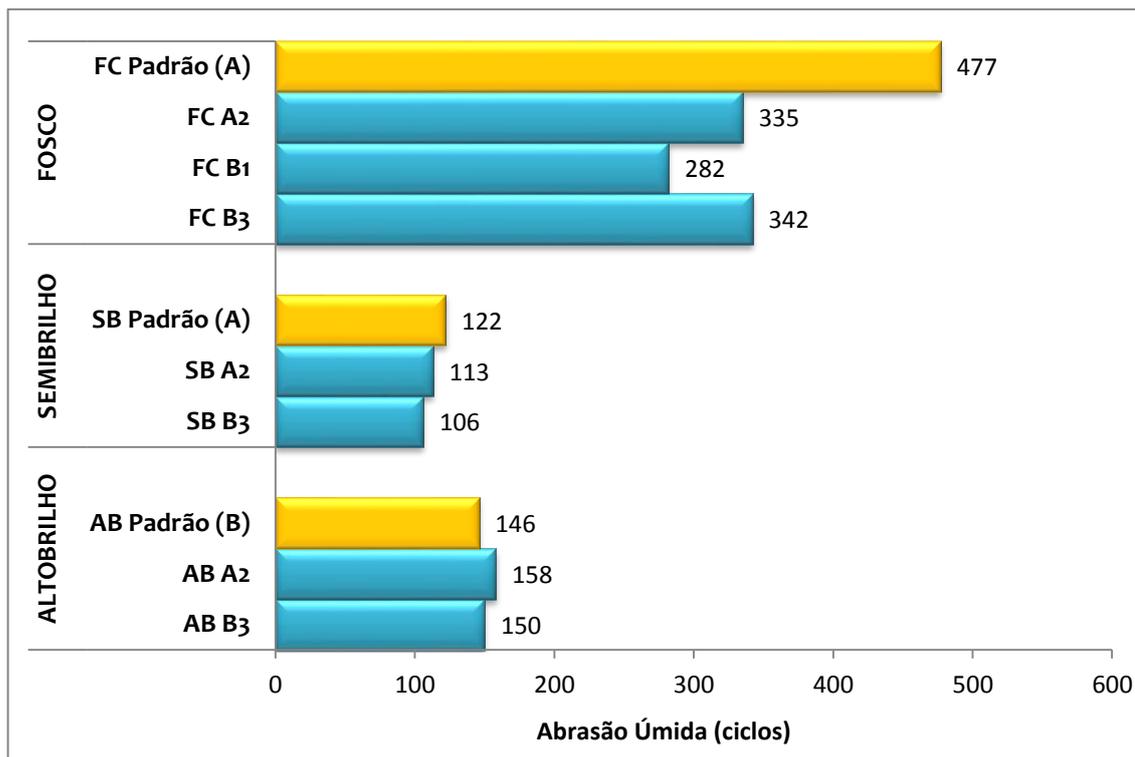


Gráfico 6 - Avaliação de abrasão úmida.

Mesmo com as observações citadas e as variações encontradas, todas as amostras apresentaram-se dentro do estabelecido para as categorias de produtos, nas quais se enquadram, conforme descrito na Tabela 5, estando devidamente aprovadas no teste de abrasão úmida.

3.8 ESTABILIDADE ACELERADA

Este teste mostrou que as tintas apresentam uma formulação estável quando submetidas a condições críticas de temperatura, conforme a condição estabelecida para teste, 60°C. Foram avaliados aspecto e viscosidade *Krebs Stormer*, após 7 dias e 14 dias de armazenamento em estufa e amarelamento (através de aplicação em cartela e comparação visual de cor).

Os resultados encontrados para aspecto foram muito satisfatórios, pois em todos os casos as tintas mostraram-se muito estáveis, com aspecto absolutamente igual ao padrão da linha testada, nas três formulações distintas. Não houve evidências de amarelamento da tinta após 14 dias na estufa.

Um aspecto de grande importância neste método é a avaliação da viscosidade da tinta após esta condição crítica. Para isso, o Gráfico 7 traz o resultado final de viscosidade, determinado após os 14 dias nos quais as tintas permaneceram a 60°C. A medição ao sétimo dia serve somente para o ganho de tempo, para o caso de alguma formulação já ser reprovada, não sendo necessário aguardar todo o tempo de teste.

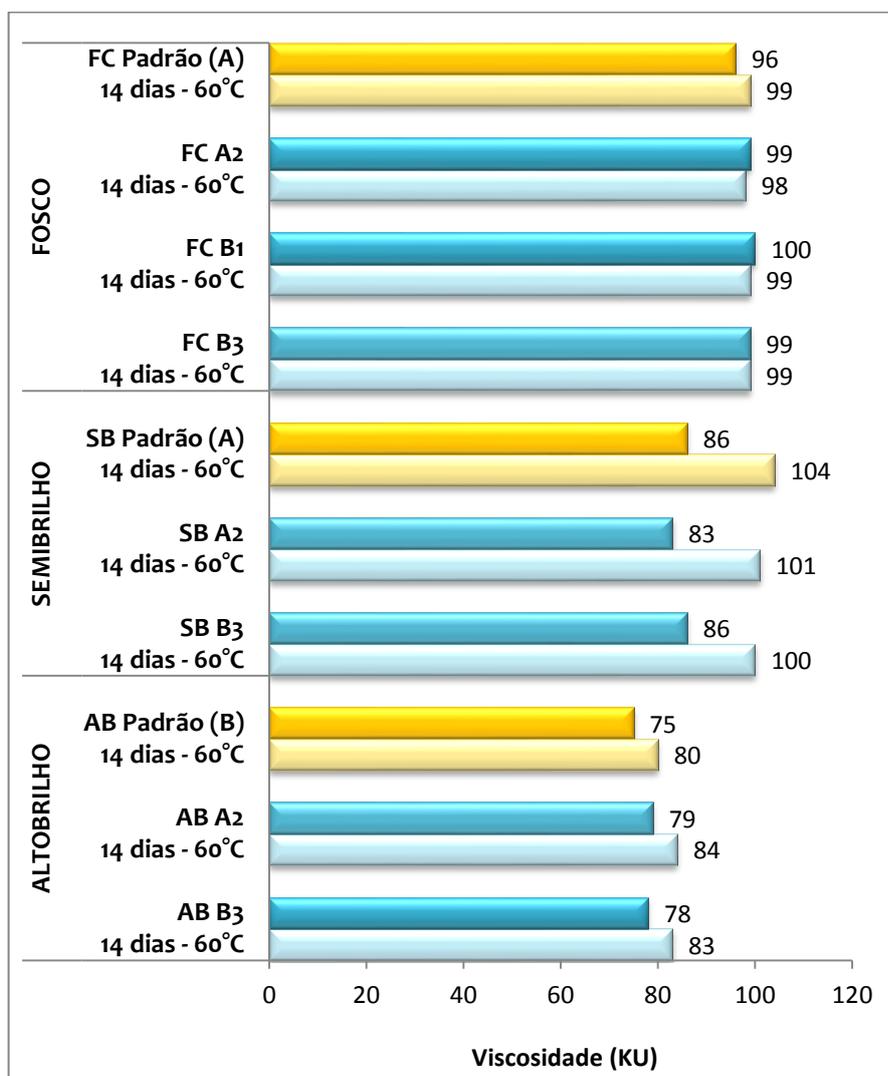


Gráfico 7 - Avaliação da viscosidade após estabilidade acelerada.

Com base nos dados obtidos neste estudo, todas as formulações apresentaram bons resultados de estabilidade, comparando com o seu respectivo padrão, comprovando que os aditivos testados podem ser inseridos nas fórmulas sem prejuízo de desempenho.

3.9 BRILHO

De uma forma geral, nas formulações de tintas, várias matérias-primas podem influenciar diretamente no brilho da película, podendo descaracterizar a tinta. A alteração de cargas, pigmentos, resina e alguns aditivos podem comprometer este parâmetro, por isso este teste é de grande importância nas tintas que apresentam certo nível de brilho, como é o caso das tintas acetinadas, semibrilho e altobrilho.

No caso dos antiespumantes é comum que ocorra um decréscimo de brilho quando este é adicionado à formulação, e é este decréscimo que precisa ser controlado para que o produto permaneça dentro de sua especificação. Por este motivo, este teste não se aplica às tintas foscas.

Os parâmetros estabelecidos para este teste são devidamente representativos para este trabalho, contemplam realmente a faixa máxima na qual a variação de brilho é aceitável. Estão descritos na Tabela 6.

Tabela 6 - Parâmetros de especificação para brilho.

Característica da Tinta	Mínimo (UB)	Máximo (UB)
Semibrilho	60°: 20 85°: 50	60°: 30 85°: 70
Altobrilho	20°: 43 60°: 77	20°: 63 60°: 97

Fonte: Do Autor.

*Legenda: UB - Unidades de Brilho.

Os resultados do teste de brilho realizado nas tintas semibrilho e altobrilho podem ser visualizados e analisados através do Gráfico 8.

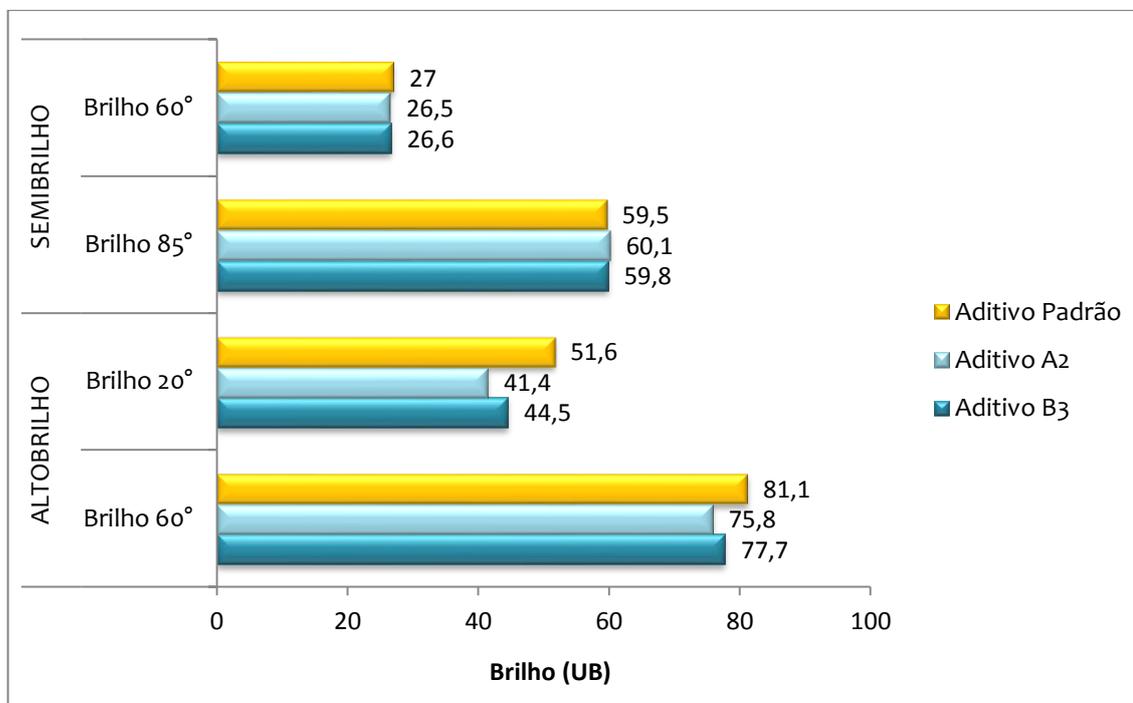


Gráfico 8 - Avaliação de brilho.

Nas tintas semibrilho, as experiências apresentaram brilho muito similar ao da tinta padrão, em ambas as geometrias, 60° e 85°.

Contudo, não ocorreu o mesmo nas tintas altobrilho. Nesta formulação, o aditivo A2 apresentou um decréscimo de brilho, além do aceitável, na tinta, deixando-a fora de especificação neste quesito. O aditivo B3 apresentou resultados muito próximos do limite mínimo aceitável, o que também mostra um decréscimo de brilho pouco maior que o aditivo padrão proporciona à tinta, embora tenham a mesma natureza química. Porém, como a tinta ainda permaneceu dentro de sua especificação, o aditivo B3 poderia ser utilizado, apresentado aprovação no teste de brilho.

Enfim, no teste de brilho os aditivos A2 e B3 foram aprovados na tinta semibrilho, quando comparados com o padrão. Já no caso da formulação de tinta

altobrilho, o aditivo A2 não obteve desempenho técnico satisfatório, sendo aprovado somente o aditivo B3.

3.10 DESEMPENHO POR MASSA ESPECÍFICA

Para este estudo, o teste de massa específica foi de grande importância. Através deste se observa a eficiência do antiespumante em eliminar as bolhas de ar que aparecem ao longo do processo produtivo da tinta, ou quando submetidas a uma condição crítica de agitação, como neste caso. Estas bolhas formadas ocupam o volume da tinta, no picnômetro, e ocasiona uma queda no valor final da massa específica.

Quanto maior o percentual de desempenho, maior foi o peso específico final e menor foi a formação de espumas na tinta após a agitação, o que indica melhor atuação do aditivo antiespumante utilizado na formulação. Sendo assim, as amostras seriam aprovadas se apresentassem percentual igual ou superior ao do padrão. Os resultados, expressos já em percentual, podem ser analisados através do Gráfico 9.

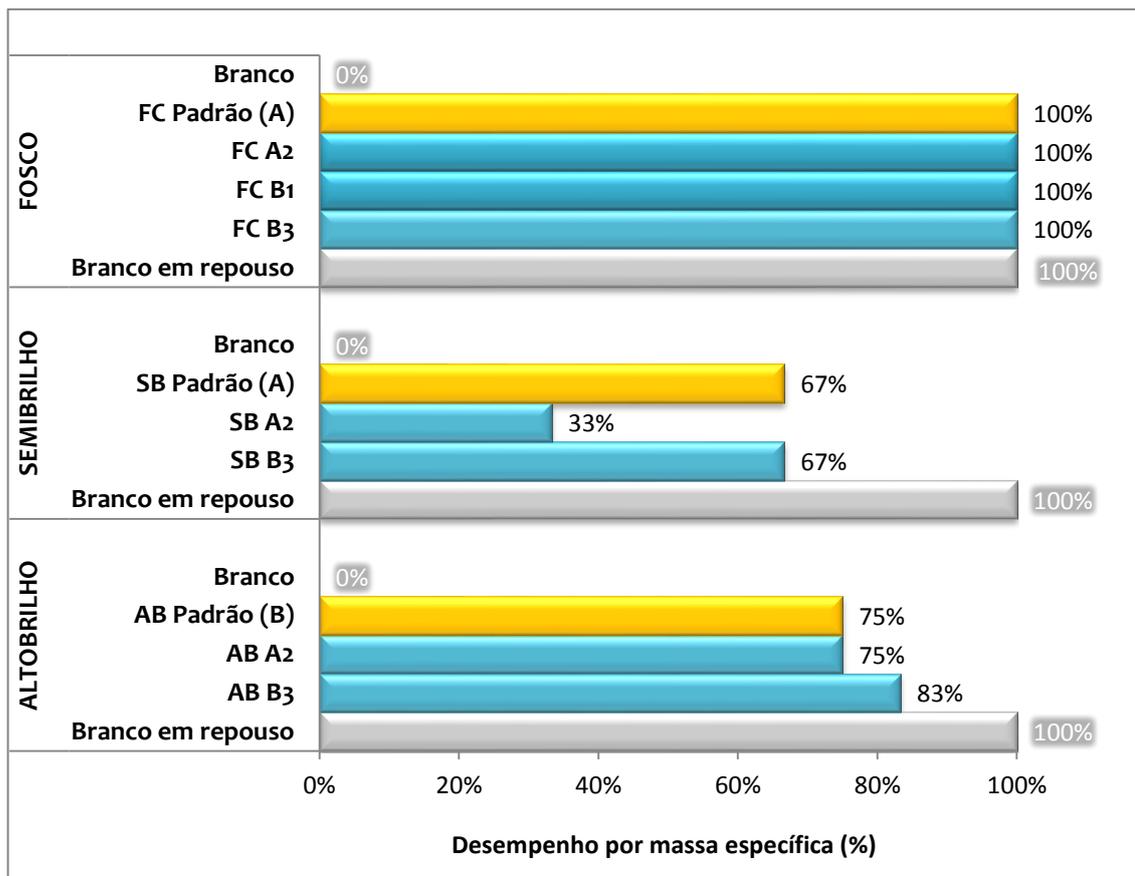


Gráfico 9 - Teste de desempenho por massa específica.

Pode-se observar, no caso da tinta fosca, que não houve variação de desempenho antiespumante na troca dos aditivos, apresentando todos uma boa eficiência, quando comparados com o padrão utilizado nesta linha. Todos os aditivos testados foram aprovados neste teste, para a formulação de tinta fosca.

Na formulação de tinta semibrilho, o desempenho do aditivo A2 foi inferior em relação ao padrão, mesmo sendo de mesma natureza química, e inferior ao aditivo B3, que apresentou-se similar ao padrão atual. Neste caso, somente o aditivo B3 foi aprovado.

Os desempenhos por massa específica dos aditivos testados na formulação altobrilho foram satisfatórios, havendo um destaque para o aditivo B3 que se apresentou melhor do que o padrão e a outra amostra. Contudo, ambos os aditivos testados foram aprovados neste teste, para a formulação de tinta altobrilho.

3.11 DESEMPENHO POR TEMPO DE QUEBRA DE ESPUMA

O Gráfico 10 apresenta os tempos, em segundos, necessários para o desaparecimento completo das bolhas de ar formadas no momento da aplicação das tintas devidamente diluídas, conforme as recomendações de pintura de cada produto testado.

Este teste foi efetuado nas tintas foscas, porém não foi possível observar a formação de bolhas na aplicação em nenhuma das experiências além do branco. Por isso, considerou-se desempenho similar entre a tinta padrão e as tintas com os aditivos a serem testados. Relacionando este resultado com experimentos já realizados pela BIK Chemie 1 (2008), é possível afirmar que isso ocorreu porque quanto maior a densidade da amostra melhor é a remoção da espuma e em sistemas altamente carregados, como a tinta fosca, medidas de densidade são mais utilizadas, sendo, por exemplo, o teste de desempenho por massa específica melhor aplicado para este caso.

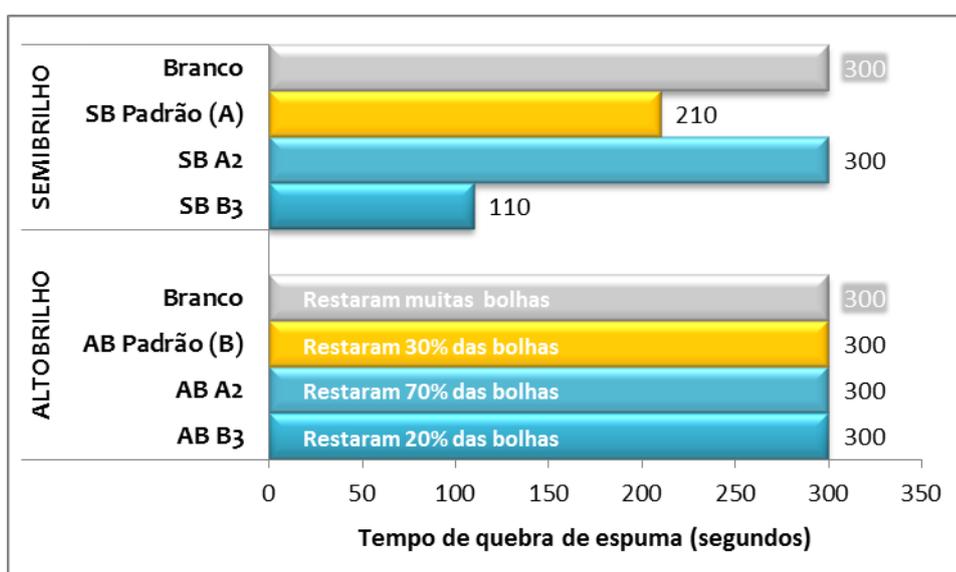


Gráfico 10 - Teste de desempenho por tempo de quebra de espuma.

Por meio do Gráfico 10 foi possível verificar que nas tintas semibrilho o aditivo B3 foi o que melhor cumpriu a sua função na formulação, cuja tinta aplicada apresentou mais rápido desaparecimento das bolhas formadas na aplicação. Já o aditivo A2 não obteve desempenho satisfatório, apresentando tempo de desaparecimento maior do que o do padrão utilizado atualmente. Sendo assim, na formulação semibrilho somente o aditivo B3 foi aprovado.

No caso da formulação altobrilho, o teste foi até o seu tempo máximo, de 300 segundos, e não houve o desaparecimento completo das bolhas formadas. Neste caso, foi efetuada uma análise visual da quantidade de bolhas que restaram após o tempo máximo de teste, de forma a observar qual aditivo conseguiu atingir melhor resultado. Para maior confiabilidade desta avaliação, a análise visual foi realizada por dois avaliadores. Conforme se observa no Gráfico 10, o resultado foi similar ao da tinta semibrilho, uma vez que novamente o aditivo B3 apresentou desempenho pouco melhor que padrão e o aditivo A2 foi reprovado em sua função de estourar as bolhas e fazê-las desaparecer o mais rápido possível, pois apresentou-se pior que o padrão. Portanto, na formulação altobrilho somente o aditivo B3 foi aprovado.

3.12 ANÁLISE DE CUSTO DOS ADITIVOS NA FORMULAÇÃO

Tão importante quanto à viabilidade técnica, nas indústrias, é a viabilidade econômica e competitividade de novos projetos propostos. Este trabalho foi executado com os objetivos principais de estudar e avaliar a influência dos aditivos antiespumantes em tintas base água, e de se possível, encontrar uma nova alternativa, técnica e economicamente viável, para os aditivos padrões que a empresa utiliza atualmente. O fato de não haver contratipos aprovados para substituir os padrões utilizados representa um problema a ser considerado no fornecimento destas matérias-primas, sendo que qualquer falha na entrega ou na fabricação destes aditivos por parte do fornecedor pode ocasionar atraso ou parada na produção das tintas.

Como reflexo do crescimento do mercado de tintas, alta quantidade de aditivos antiespumantes está sendo comercializada. O mercado está buscando, cada vez mais, no segmento de antiespumantes, associar alta eficiência com produtos multifuncionais, que atendam também aos requisitos de saúde, segurança e meio ambiente, mantendo o controle de custos, necessário para o atual mercado competitivo (MONFARDINI, 2011).

Vinculada aos derivados de petróleo, devido ao grande percentual presente em suas formulações, a formação de preços dos aditivos antiespumantes é muito influenciada pelas oscilações dos preços do petróleo no mercado internacional, variação do câmbio e variação de preços das demais matérias-primas que compõem os mesmos. Outro fator que acaba elevando o preço destes aditivos é a exigência do mercado por produtos de baixo odor e diminuição de VOC's, o que força os fabricantes a investir em inovações nesta área. O preço alto decorrente de produtos inovadores ainda é uma barreira para aceitação e adia a migração para tecnologias associadas a apelos ecológicos (MONFARDINI, 2011).

A Tabela 7 mostra a diferença de custo que os aditivos testados proporcionam às fórmulas atuais, nas dosagens testadas. De forma a manter a confidencialidade, as diferenças estão representadas em acréscimo ou redução percentuais em relação à fórmula com o aditivo padrão atualmente utilizado. Também por este motivo não se demonstrará os preços dos aditivos testados.

Tabela 7 - Impacto dos aditivos antiespumantes no custo final da formulação.

Característica da Tinta	Aditivo	Dosagem utilizada (%)	Acréscimo/redução no custo final da formulação de tinta
Fosca	Padrão A	0,20	-
Fosca	A2	0,20	Acréscimo de 1,5%
Fosca	B1	0,20	Acréscimo de 0,4%
Fosca	B3	0,20	Acréscimo de 11,9%
Semibrilho	Padrão A	0,50	-
Semibrilho	A2	0,25	Acréscimo de 0,2%
Semibrilho	B3	0,20	Acréscimo de 3,1%
Altobrilho	Padrão B	0,45	-
Altobrilho	A2	0,25	Redução de 1,4%
Altobrilho	B3	0,20	Acréscimo de 0,7%

Fonte: Do Autor.

Estes custos ainda podem variar e o impacto pode ser reduzido, caso se faça alguma negociação específica, diretamente pela área de suprimentos da empresa. O aumento de custo para aprovação pode ser justificado se for pequeno e houver vantagem técnica, em desempenho na tinta.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo levaram a concluir que o objetivo principal, de estudar e avaliar a influência de aditivos antiespumantes nas formulações de tintas base água, assim como todos os demais objetivos propostos para este trabalho foram alcançados. Além disso, ficaram evidentes na prática algumas diferenças de desempenho entre os dois principais tipos de aditivos antiespumantes, à base de óleos minerais e os siliconados, contemplados neste estudo.

Os testes de desempenho por massa específica e por tempo de quebra de espuma foram decisivos para a avaliação dos aditivos e análise da sua real eficiência na formulação da tinta. Igualmente, o teste de brilho mostrou que os antiespumantes influenciam no aspecto final da tinta e podem ocasionar alterações de brilho, principalmente no caso dos antiespumantes base óleo mineral. Foi possível identificar diferenças entre os aditivos de mesma natureza química, assim como entre os dois diferentes grupos testados.

Contudo, os três aditivos testados quando comparados aos padrões atualmente utilizados, apresentaram bons resultados nos testes de controle de especificação, sendo estes os ensaios de viscosidade, pH, massa específica, poder de cobertura, sensibilidade à água, abrasão úmida e estabilidade acelerada. Estes resultados mostraram que houve pouca influência do aditivo antiespumante nestes parâmetros.

Na formulação de tinta fosca testada, os três aditivos (A2, B1 e B3) apresentaram desempenhos satisfatórios, similares ao do padrão, resultando na aprovação técnica destes aditivos para esta formulação de tinta econômica. No caso das tintas semibrilho e altobrilho, após análise de todos os resultados encontrados, conclui-se que o aditivo A2 não é adequado para tais formulações específicas, nas dosagens testadas, e somente o aditivo B3 obteve a aprovação técnica para estas linhas de produtos.

Sendo assim, houve aprovação técnica de, pelo menos, um aditivo para cada linha de tintas testada, havendo ainda a possibilidade de unificação e utilização do aditivo B3 nas três formulações. Devido ao excelente desempenho deste antiespumante, pequenos aumentos de custo de fórmula podem ser justificados. Além disso, o impacto causado pelo custo deste aditivo no custo final da formulação ainda pode ser negociado, diretamente pela área de suprimentos da empresa e, novos testes com reduções de dosagens devem ser considerados, de forma a igualar o desempenho ao do padrão já utilizado e validado no mercado.

SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

- Estudar a possibilidade de redução de dosagem dos aditivos antiespumantes testados na formulação da tinta fosca avaliada neste trabalho;

- Estudar a possibilidade de redução de dosagem do aditivo B3 nas formulações de tinta semibrilho e altobrilho, devido ao bom desempenho apresentado;

- Negociar junto aos fornecedores reduções nos preços dos aditivos aprovados tecnicamente, buscando maior viabilidade econômica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FABRICANTES DE TINTAS. **Números do Setor**. Disponível em: <http://www.abrafati.com.br/bn_conteudo_secao.asp?opr=94>. Acesso em: 20 mar. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14940**: Tintas para construção civil – Método de avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação de resistência à abrasão úmida. Rio de Janeiro, 2003. 5p.

____. **NBR 15078**: Tintas para construção civil – Método de avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação de resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva. Rio de Janeiro, 2004. 5p.

____. **NBR 15079**: Tintas para construção civil – Especificação dos requisitos mínimos de desempenho de tintas para edificações não industriais – Tintas látex nas cores claras. Rio de Janeiro, 2011. 4p.

____. **NBR 15299**: Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação de brilho. Rio de Janeiro, 2005. 3p.

____. **NBR 15382**: Tintas para construção civil – Método de ensaio de tintas para edificações não industriais – Determinação de massa específica. Rio de Janeiro, 2006. 3p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D-562-81**: *Standard Test Method for Consistency of Paints Measuring Krebs Unit (KU) Viscosity Using a Stormer-Type Viscometer*. U.S., 1997. 6p.

____. **D-869-85**: *Standard Test Method for Evaluating Degree of Settling of Paint*. U.S., 2004. 2p.

____. **D-4584-86**: *Standard Test Method for Measuring Apparent pH of Electrocoat Baths*. U.S., 1994. 2p.

BIELEMAN, Johan H. **Additives for Coating**. Weinheim. Wiley- VCH. 2000, 372p.

BYK CHEMIE 1 - **Aditivos Desaerantes e Antiespumantes**. Disponível em: <http://additives.byk.com/output/directdownload.aspx?file=L-DI1_PT.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2012.

BYK CHEMIE 2 - **Aditivos de Superfície**. Disponível em: <http://additives.byk.com/output/directdownload.aspx?file=L-SI1_PT.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2012.

CARDOSO, Denis. **Crédito fácil e IPI reduzido estimulam consumo de tintas imobiliárias**. Revista Química e Derivados. Edição 496, abril, 2010.

CARDOSO, Silmara Aparecida. **Avaliação da eficiência de dispersantes poliméricos em concentrados de pigmentos a base de óxido de ferro**. Novo Hamburgo: FEEVALE, 2011. 84p.

DAVISON, Gerry; LANE, Bruce. **Additives in Waterborne coatings**. Royal Society of Chemistry (Great Britain), 2003. 88p.

FAZANO, Carlos Alberto T. V. **Tintas e Vernizes: Métodos de controle de pinturas e superfícies**. 5.ed. São Paulo: Hemus. 1998. 345p.

FAZENDA, Jorge M. R. (Coord.). **Tintas – Ciência e Tecnologia, ABRAFATI**. 4. ed. rev. e ampl. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2009. 1124p.

GARBELOTTO, P., et al. **Solventes Industriais**. São Paulo: Editora Blücher, 2007. 420p.

HEGEDUS, Charles R. et al. **Defoamers and Wetting Agents for Waterborne Alkyd Coatings**. Allentown, PA: Air Products and Chemicals Inc., 2011. 8p.

HOCH, Renato. **Manual de pintura industrial e elementos de pintura imobiliária profissional**. Porto Alegre, 2006. 271p.

LAMBOURNE, R. **Paint and Surface Coating: Theory and Practice**. Chichester. Ellis Horwood Limited, 1987. 696p.

MONFARDINI, Lucélia. **Agentes Antiespumantes**. Revista Paint & Pintura, pg 76 - 89, outubro 2011.

MULLER Bodo, POTH Ulrich. **Coatings Formulation: an international text book**. Hannover: Vincentiz, 2006.

ORR, Edward W. **Performance Enhancement in Coatings**. Wallingford. BYK Chemie, 1998. 292p.

PAUL, Swaraj. **Surface Coatings: Science and Technology**. New York. John Wiley & Sons, 1985. 741p.

PAYNE, Henry Fleming. **Organic Coating Technology: Pigment and Pigmented Coating**. V. II, New York. John Wiley & Sons, INC. 1961. 1399p.

PPG INDUSTRIAL DO BRASIL TINTAS E VERNIZES LTDA. **Documentos da Qualidade: Normas Técnicas**. Gravataí, 2012.

PRODANOV, Cleber Cristiano, FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e de Trabalho Acadêmico**. Novo Hamburgo: FEEVALE, 2009.

RAVALIA, Vinícius; CHIARAMONTE, E.A.S. **Revestimentos para Materiais Plásticos**. Canoas: Universidade Luterana do Brasil, 2006. 144p.

READER J., HEGEDUS C., LAI K.T. **Optimal Defoamer Selection for Coatings: Guidelines and Case Studies**. Allentown, PA: Air Products and Chemicals Inc., 2011. 57 slides, color.

REVISTA ABRAFATI. **PQS - Tintas Imobiliárias**. Edição especial, maio, 2011. 24p. Disponível em: <http://www.tintadequalidade.com.br/wp-content/themes/tintad/files/revista_abrafati_ed_especial.pdf>. Acesso em 31 mar. 2012.

STOYE, Dieter, FREITAG, Werner. **Paints, Coatings and Solvents**. 2nd edition. rev. Wienhem. Wiley – VCH, 1998. 414p.

TEGO Foamex. **Defoamers**. Technical Background, Evonik Industries. Disponível em: <<http://www.tego.de/sites/dc/Downloadcenter/Evonik/Product/Tego/en/Technical-Background/defoamers-tego-foamex.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2012

TINTAS RENNER SA. **Curso Básico de Tintas**. Gravataí, 2003. 74p.

WICKS, Zeno. W., JONES, Frank. N., PAPPAS, S. Peter., et al. **Organic Coatings: Science and Technology**. 3. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2007.