

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

AMANDA TALITA MIRANDA ROSENDO

**AVALIAÇÃO DA REOLOGIA DE DIFERENTES TINTAS A BASE D'ÁGUA
VISANDO A APLICABILIDADE.**

LONDRINA

2022

AMANDA TALITA MIRANDA ROSENDO

**AVALIAÇÃO DA REOLOGIA DE DIFERENTES TINTAS A BASE D'ÁGUA
VISANDO A APLICABILIDADE**

**Evaluation Of The Rheology Of Different Inks The Water Base Aiming At
Applicability**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito para obtenção do título de
Licenciada em Química, da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador (a): Prof. Dr. Fábio Cezar Ferreira

LONDRINA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

AMANDA TALITA MIRANDA ROSENDO

**AVALIAÇÃO DA REOLOGIA DE DIFERENTES TINTAS A BASE D'ÁGUA
VISANDO A APLICABILIDADE.**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do
título de Licenciada em Química da Universidade
Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 15 de dezembro de 2022

Prof. Dr. Antonio Laverde Junior
(UTFPR – DAQUI)

Profa. Dra. Vanessa Kienen
(UTFPR – DAQUI)

Prof. Dr. Fabio Cezar Ferreira
(UTFPR – DAQUI)

LONDRINA

2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me dar saúde, força, coragem e discernimento em todo meu trajeto até minha formação. Agradeço a minha mãe por me ensinar a ser forte e corajosa, sendo meu exemplo como mulher, mãe e amiga. Ao meu professor da infância Cássio Silveira que sempre me ensinou e me incentivou na carreira de exatas, me ajudou com o ensino técnico e me deu apoio para seguir a carreira universitária. Meu amigo e irmão de coração Tiago por essa vida de universidade juntos, vencendo uma batalha a cada dia. Ao meu futuro esposo Marcos por compartilhar a vida pessoal e a vida acadêmica.

A toda minha família e amigos que me ajudaram de forma direta e indireta em toda minha construção pessoal e profissional.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Fábio Cezar Ferreira por embarcar nessa jornada de projeto final, por todo caminho universitário desde primeira aula de química geral, a projetos paralelos e diferentes disciplinas e por estar comigo nesse ciclo final de graduação.

A minha antiga equipe de laboratório na empresa por compartilhar momentos de aprendizado profissional e por momentos da vida pessoal proporcionando uma amizade dentro e fora da empresa. Obrigado especialmente a Tatiana Moraes de Sá pelos saberes e ensinamentos.

E a Empresa por abrir portas como estagiária, onde a mesma me permitiu crescer e aprender pessoalmente e profissionalmente no ramo industrial químico.

A UTFPR Campus Londrina, em especial aos Professores do departamento de Licenciatura em Química por todo conhecimento transmitido e toda colaboração, as Técnicas de laboratório do DAQUI e ao Técnico de laboratório do departamento de Engenharia de Materiais por toda ajuda e paciência.

RESUMO

As Produções de tintas têm como componentes cargas, resinas, dispersantes, conservantes e aditivos. Os aditivos são componentes adicionados em pequenas proporções com funções diferenciadas que proporcionam características especiais dentre as quais propriedades reológicas. Essas propriedades têm em destaque os espessantes, que caracterizam o controle da viscosidade, estabilidade, brilho, resistência á água, nivelamento e controle de escorrimento. Existem diferentes tipos de espessantes caracterizados como orgânicos e inorgânicos e cada um age de uma maneira diferente quando associados a diferentes formulações. O trabalho tem por finalidade a análise de três tipos diferentes de tintas à base d'água, as quais foram submetidas à avaliação de pH e análise reológica com auxílio de um reômetro. Através da análise de pH os valores obtidos, são diferentes das normas estabelecidas conforme o padrão industrial que ocorre a liberação entre as faixas de (9,2 a 9,5), foram submetidos testes em triplicatas para ter uma precisão maior de dados, a amostra 1 apresenta um valor médio de pH (5,66); amostra 2 o pH é (9,83) e amostra 3 o pH (6,97). A determinação do comportamento reológico foi realizada com um reômetro rotacional através da análise da viscosidade em relação ao seu comportamento de fluxo. Foi observado que as amostras comerciais possuem um comportamento por afinamento de cisalhamento, onde ocorre variação da diminuição da viscosidade em função do aumento da taxa de cisalhamento. Segundo as análises de curva de fluxo, a amostra 3 apresentou um comportamento incomum, possivelmente devido a um excesso de carga e resina e começo de degradação da amostra. Portanto, com base na análise de curvas de fluxo os valores encontrados nas amostras 1 e 2 referentes a uma correlação linear positiva, ou seja, $R^2 \leq 1$, apresentam características significativas para ter uma boa aplicabilidade.

Palavras Chaves: Tintas; Aditivos; Espessantes; Viscosidade; Qualidade.

ABSTRACT

Paint productions have as components loads, resins, dispersants, preservatives and additives. Additives are components added in small proportions with differentiated functions that provide special characteristics among which rheological properties. These properties highlight thickeners, which characterize the control of viscosity, stability, brightness, water resistance, leveling and runoff control. There are different types of thickeners characterized as organic and inorganic and each acts differently when associated with different formulations. The purpose of this work is to analyze three different types of water-based paints, which were submitted to pH evaluation and rheological analysis with the aid of a rheometer. Through the pH analysis the values obtained are different from the standards established according to the industrial standard that occurs the release between the ranges (9.2 to 9.5), tests were submitted in triplicates to have a higher accuracy of data, sample 1 presents an average pH value (5.66); pH (9.83) and sample 3 pH (6.97). The determination of rheological behavior was performed with a rotational rheometer through the analysis of viscosity in relation to its flow behavior. It was observed that the commercial samples have a behavior by shear thinning, where there is variation in the decrease in viscosity due to the increase in the shear rate. According to the flow curve analyses, sample 3 showed an unusual behavior, possibly due to an excess of load and resin and beginning of degradation of the sample. Therefore, based on the analysis of flow curves, the values found in samples 1 and 2 referring to a positive linear correlation, i.e., $R^2 \leq 1$, present significant characteristics to have a good applicability.

Keywords: Paints; Additions ;Thickeners; Viscosity; Quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Pintura de uma tumba recém-descoberta	16
Figura 2 - Classificações e aplicação dos espessantes	19
Figura 3 - Estrutura química do comportamento de um espessante HASE.	20
Figura 4 - Forma estrutural de um espessante HEUR	21
Figura 5 - Modelo de Newton para explicar viscosidade de um líquido.....	22
Figura 6 - Perfil de fluidos dependentes e não dependentes do tempo	23
Figura 7 - Perfil reológico de tintas em taxa de cisalhamento associado a aplicação	24
Figura 8 - Fluxograma de Formulação	25
Figura 9 - Amostras utilizadas para os diferentes testes	26
Figura 10 - pHmetro utilizado	27
Figura 11 - Viscosímetro ICI (Cone e Placa) - Rêometro rotacional.....	28
Figura 12 - Aspectos das amostras de tintas comerciais	30
Figura 13 - Resultados da relação da viscosidade em função da taxa de cisalhamento	31
Figura 14 - Dados das curvas de fluxo da amostra 1	32
Figura 15 - Dados das curvas de fluxo da amostra 2	33
Figura 16 - Dados das curvas de fluxo da amostra 3	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de pH.....	29
Tabela 2 – Valores de viscosidade inicial e final	31
Tabela 3 – Parâmetros obtidos graficamente.....	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
KU	Unidade de medida para o viscosímetro de Stormer
ASE	Emulsão alcalina expansível
HASE	Emulsão alcalina expansível modificada hidrofobicamente
HEUR	Etoxilados uretânicos modificados hidrofobicamente
CMC	Carboximetilcelulose
CMHEC	Carboximetilhidroxixelulose
HEC	Hidroxixelulose
EHEC	Etildroxixelulose
PU	Poliuretênica
η	Viscosidade
σ	Tensão de cisalhamento
γ	Taxa de cisalhamento
r^2	Correlação Linear

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 JUSTIFICATIVA	13
3 OBJETIVOS	14
3.1 OBJETIVOS GERAIS	14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
4 REFERENCIAL TEÓRICO	15
4.1 TINTAS	15
4.1.1 Histórico	15
4.1.2 Composições de tintas	16
4.2 ESPESSANTES	19
4.2.1 Propriedades reológicas das tintas	21
5 MATERIAIS	26
6 MÉTODOS	27
6.1 FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UMA TINTA	24
6.2 ENSAIOS DE PH	27
6.3 ENSAIOS NO REÔMETRO ROTACIONAL	27
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
7.1 ANÁLISE DE PH	28
7.2 ENSAIOS VISCOSÍMETRO ICI DE REÔMETRIA	30
7.2.1 Análise da Viscosidade	30
7.2.2 Análise do comportamento dos fluídos	32
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	35

1 INTRODUÇÃO

Desde a era pré-histórica descrita nos livros, os antepassados utilizavam artifícios naturais para fazer pinturas rupestres como óxidos de ferro, cal, ocre vermelho, carvão, pedras entre outros. A técnica era simples, consistindo na prensagem de materiais a fim de obter um pó utilizado para a incorporação de desenhos obtidos com os próprios dedos. Por serem elementos naturais não possuíam durabilidade, a não ser quando empregados em ambientes favoráveis como as cavernas. Esse tipo de técnica rupestre é datado durante longos anos, passando pelos egípcios a qual teria dado a origem do sistema hieróglifo e depois ao alfabeto fenício (FAZENDA, 2009).

Por muitos séculos e, principalmente no período da revolução industrial, onde as técnicas das fábricas de tintas e vernizes que são conhecidas atualmente, suas formulações eram sigilosas e passadas somente de geração a geração. Atualmente, o procedimento para a obtenção de tinta varia conforme o ramo industrial, sendo geralmente obtido por meio de formulação com adição de água, monômeros, surfactantes, reguladores de pH, aditivos reológicos e conservantes. Após as formulações, as tintas passam pelo processo de controle de qualidade para serem inseridas no mercado comercial.

De acordo com as propriedades e comportamento das tintas, elas possuem características viscosas, constituídas de diversos pigmentos dispersos como um aglomerante líquido, que, ao sofrer um processo de cura quando estendida em uma película fina, forma um filme opaco e aderente. Esse filme tem como finalidade proteger e embelezar a superfície. (FAZENDA, 2009)

As tintas são compostas por resinas, pigmentos, aditivos e solventes. Os espessantes presentes nos aditivos reológicos estão associados à qualidade do produto em relação ao nivelamento, taxa de escorrimento e viscosidade ideal para a aplicação dentro dos parâmetros de acordo com as normas ABNT. As tintas são de grande utilidade para a proteção do ambiente seja interno ou externo, o ramo industrial busca constante desenvolvimento para a melhoria e qualidade dessas tintas.

Este presente trabalho tem o objetivo de avaliar a eficiência de diferentes tintas comerciais a base d'água visando o desempenho final desta tinta atestando seus parâmetros de qualidade.

2 JUSTIFICATIVA

O mercado de tintas é diversificado e nesse campo sobressai o produto que tem melhor aplicabilidade. As características da qualidade de uma tinta estão associadas à sua reologia como nivelamento, cobertura e a exclusão de manchas.

Considerando o constante desenvolvimento de melhoria de produtos no mercado das tintas, a avaliação reológica é um meio de verificar o desempenho da sua aplicação, tendo em vista, sua qualidade, duração e eficiência de um produto. Com isso, a avaliação de espessantes está diretamente relacionada, com a eficiência da tinta, por fornecer atuações distintas no resultado do produto final.

Portanto, o presente trabalho tem como justificativa fazer uma contribuição através da avaliação da eficiência de diferentes tipos tintas comerciais e da reologia em amostras a fim de caracterizar a sua aplicação e o desempenho, podendo melhorar a tecnologia das tintas para que o consumidor tenha satisfação de um produto que contenha qualidade.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivos gerais

Avaliar as propriedades químicas relacionadas ao pH e a viscosidade, verificando o seu desempenho para aplicabilidade de uma tinta.

3.2 Objetivos específicos

- Verificar a qualidade das tintas através de testes de pH e reômetria.
- Relacionar a atividade reológica na qualidade final do produto.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Tintas

4.1.1 Histórico

As tintas foram empregadas, durante muitos séculos como a arte de embelezar. Dados históricos mostram que na era pré-histórica os povos da era paleolítica utilizavam recursos naturais como carvão, óxidos ferro, cal entre outros representados com seus desenhos e gravuras. Esses desenhos não possuíam nenhuma durabilidade em ambientes naturais a não ser quando feitos em ambientes favoráveis como as cavernas (FAZENDA, 2009).

Com o fim da era glacial, resquícios históricos foram incorporados para estudos da intercomunicação das raças distintas para utilização da arte moderna com técnicas de artistas com pinturas feitas à mão, com a criação de cores a partir de pigmentos dissolvidos em água, os chamados trabalhos aquarelas. Mais tarde esses desenhos históricos encontrados no deserto da Líbia, mostraram como a comunicação egípcia surgiu dando considerações para sistemas hieróglifos e, depois, ao alfabeto fenício. Esses tipos de técnicas em forma geral foram empregados por diferentes tribos Africanas. (FAZENDA, 2009).

Com a evolução humana, descobertas foram feitas. Os egípcios faziam pintura como arte decorativa em sarcófagos e papiros manuscritos, onde surgiram os pigmentos sintéticos embora partes das cores naturais fossem derivadas do solo. Os romanos e gregos utilizavam materiais empregados pelos egípcios, embora conhecesse outros materiais artificiais como chumbo branco (alvaiade, óxido amarelo, verdete e ossos escuros e plantas misturadas com argila e mel. (FAZENDA, 2009). A Figura 1 caracteriza como eram as artes decorativas egípcias e tumbas e sarcófagos, com características de pigmentos naturais desenhados com as próprias mãos.

Figura 1 - Pintura de uma tumba recém-descoberta



Fonte: Ministry of Antiquities, Revista Galileu (2018)

Com a revolução industrial surgiu o emprego das tintas que conhecemos hoje, por muitos séculos a fabricação de tintas e vernizes era uma arte sigilosa guardada e somente passada de geração para geração. As primeiras tintas eram preparadas em pequenas quantidades utilizando moinhos arcaicos e métodos de misturas manuais e trabalhosos, eram caras e disponíveis apenas para pequeno segmento exuberante da sociedade. O desenvolvimento tecnológico e científico de tintas surgiu no século XX, com o emprego de novos componentes como pigmentos, resinas celulósicas e sintéticas, uma melhoria em óleos secantes e variedades de agentes modificantes fluíram em laboratórios especializados nas linhas de produção industrial de tintas formando uma base de desenvolvimento para novos revestimentos orgânicos. (FAZENDA, 2009).

4.1.2 Composições de tintas

Uma pintura tem finalidade em proteger e embelezar edifícios, instalações e uma ampla gama de produtos industriais como automóveis, geladeiras, móveis, navios, materiais ferroviários. As sinalizações de estradas, ruas e aeroportos constituem exemplos da utilização. As tintas imobiliárias são utilizadas no revestimento de edificações para uso residencial, comercial, escolar, hospitalar dentre outros, conferindo-lhes simultaneamente proteção contra intempéries, embelezamento, boa distribuição da luz e melhores condições de higiene. (FAZENDA, 2011).

A tinta é uma composição química formada por uma dispersão de pigmentos numa solução ou emulsão de um ou mais polímeros, que ao ser aplicado na forma de uma película fina sobre uma superfície, transforma-se num revestimento a ela

aderente com a finalidade de colorir, proteger e embelezar. Quando a composição não contém pigmentos, é denominada verniz. Os componentes básicos de uma tinta são resinas, pigmentos, aditivos e solventes. (FAZENDA, 2011).

Resina é a parte conhecida como ligante ou aglutinante que adere às partículas dos pigmentos, dando integridade à película de uma pintura. A formação dessa película está associada às reações que ocorrem dentro do sistema polimérico, embora os outros componentes do meio tenham influência na questão de inibir essas reações. As resinas são um dos componentes mais importantes da tinta, pois sua característica atribuída à sua classificação como exemplos mais usuais, tintas acrílicas, vinílicas, PU, epóxi, poliéster, nitrocelulose e borracha clorada. (ANGHINETTI, 2012).

Os pigmentos são materiais insolúveis, sintéticos ou naturais, que dão cores às tintas. O dióxido de titânio, pigmento branco, é o mais utilizado nas formulações de tinta, pois melhora a qualidade da tinta, dando alta cobertura, alvura, durabilidade, brilho e opacidade. Os extensores ou cargas também são pigmentos, como carbonato de cálcio, silicatos de alumínio e magnésio, sílicas entre outros, geralmente adicionados para dar volume e auxiliar na qualidade do produto sem acrescentar em nada o seu custo. Existem pigmentos orgânicos e inorgânicos, onde os orgânicos são substâncias corantes insolúveis e normalmente sem características ou funções anticorrosivas, enquanto os inorgânicos são todos pigmentos brancos e cargas em grande faixa de pigmentos coloridos, sintéticos ou naturais. (POLITO, 2006).

Solventes têm por finalidade solubilizar ou dissolver outras substâncias químicas presentes. Nas formulações são geralmente utilizados para dissolver a resina e manter todos os componentes em uma mistura homogênea. Possuem uma viscosidade adequada para que se aplique a tinta em um substrato, promovem a dispersão da resina pela superfície, contribuindo para o nivelamento e controle da taxa de evaporação que influenciam na aparência final do filme e afeta a propriedade física do filme seco. (FAZENDA, 2009).

Os aditivos são componentes adicionados em pequenas proporções com funções diferenciadas, proporcionam características especiais às formulações de tinta; por exemplo, modificação da reologia e a tensão superficial, estabilização das emulsões, aumento da resistência a fungos, alteração da temperatura mínima de formação de filme com a adição de agente coalescente, (UEMOTO, 1998). Existem

aditivos de cinética (secantes e catalisadores), aditivos de processo (surfactantes), aditivos de preservação (biocidas e estabilizantes ultravioleta) e os aditivos de reologia (espessantes e niveladores). (POLITO, 2006).

Espessantes possuem finalidade para as tintas como modificadores reológicos. Estão associados à melhoria das propriedades de estabilidade e aplicação da tinta.

4.2 ESPESSANTES

Espessantes são aditivos que influenciam na reologia e aplicabilidade das tintas. Quando eles são armazenados, as cargas tendem a sedimentar criando depósito no fundo e os pigmentos apresentam flotação na superfície. Os espessantes atuam de forma a fornecer brilho, resistência à água, resistência à corrosão e estabilidade (BORRALHO 2014).

Podem ser classificados como orgânicos ou inorgânicos; solúveis, insolúveis e álcalis-solúveis ou incháveis em água; derivados naturais ou completamente sintéticos; não-iônico ou aniônico; associativo ou não associativo (Figura 2). No nível estrutural da sua composição, os espessantes são classificados em não-associativos ou associativos e a distinção estrutural é suportada pelas diferenças nas propriedades reológicas observadas (PFEIR, 2006).

Figura 2 - Classificações e aplicação dos espessantes



Fonte: Autoria Própria

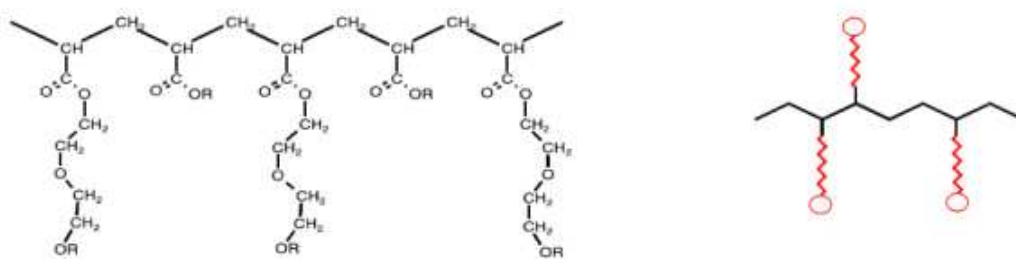
Os espessantes inorgânicos são obtidos através de partículas lamelares de esmectita podendo ser naturais ou sintéticas. O corpo dessas partículas é carregado negativamente. Quando se dispersam homoganeamente por todo líquido se repelem devido à presença de forças eletrostáticas. As arestas das partículas são neutras ou com cargas positivas e quando a taxa de cisalhamento é baixa, elas se atraem devido a existência de forças de Van der Waals formando uma estrutura tridimensional, ocasionando o aumento da viscosidade. Espessantes inorgânicos possuem propriedades de espessar a água e geralmente são utilizados com

espessantes celulósicos que modificam o comportamento de tintas de base aquosa, requerem ativações químicas a fim de enfraquecer essas forças de Van der Waals a fim de garantir a separação das partículas e formação de um gel perfeito (BORRALHO, 2014).

Espessantes orgânicos são divididos em celulósicos e sintéticos. Os celulósicos são ésteres de celulose formados por cadeias cíclicas de unidades de β -anidro-glicose, sendo que cada unidade contém três grupos OH reativos. Ocorrem formações de ligações de hidrogênio entre as cadeias do polímero e as moléculas de água, ocasionando a redução da mobilidade delas, fazendo assim o espessamento em fase aquosa. Possuem diversos tipos de espessantes celulósicos onde os mais comuns são: Carboximetilcelulose (CMC); Carboximetilhidroxicelulose (CMHEC); Hidroxicelulose(HEC) e Etilhidroxicelulose (EHEC). (FRANCO, 2014).

Os espessantes sintéticos são polímeros orgânicos possuindo dois tipos de classificações: associativos e não-associativos. Os associativos são solúveis em água e modificados hidrofobicamente podendo atuar de duas maneiras: espessando a fase aquosa ou por associações com os constituintes presentes na tinta. Os associativos mais utilizados são (HASE) – polímeros acrílicos solúveis em meio alcalino hidrofobicamente modificados. O mecanismo desse tipo de espessante ocorre devido à interação dos grupos hidrofóbicos dos espessantes com as partículas hidrofóbicas contidas no meio. A Figura 3 representa a estrutura de um espessante HASE. Quando esse está em meio alcalino em contato com as partículas do meio, formam-se aglomerados micelares permitindo-se o aumento da viscosidade e o espessamento (PEIFER, 2006).

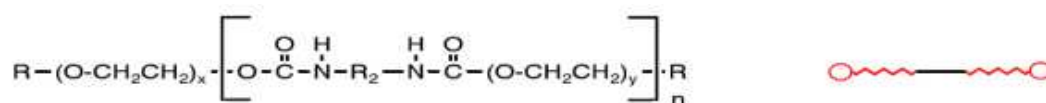
Figura 3 - Estrutura química do comportamento de um espessante HASE.



Fonte: Borralho (2014)

O espessante do tipo (HEUR) é um copolímero Etoxilados Uretânicos modificado hidrofobicamente, constituído por segmentos hidrofílicos e grupos terminais hidrofóbicos. Por ser uma substância não iônica o seu processo de produção não depende do pH para ativar o mecanismo de espessamento. A Figura 4 representa a forma estrutural do comportamento de um espessante HEUR. Os grupos hidrofóbicos presentes na estrutura associam-se às partículas de emulsão por adsorção à superfície e ao mesmo tempo associam a fase aquosa formando micelas, resultando ao aumento da viscosidade e um aumento de brilho. (BORRALHO, 2014).

Figura 4 - Forma estrutural de um espessante HEUR



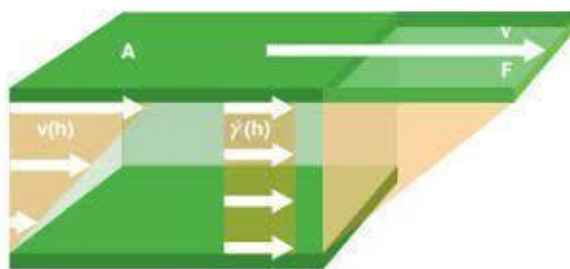
Fonte: Borralho, (2014)

Espessantes não-associativos são polímeros solúveis com grupos hidrofílicos. Esse tipo possui propriedades que contribuem para uma boa estabilização contra a sedimentação e baixo escorrimento. O não-associativo mais comum tipo ASE - copolímeros carboxilados produzidos por polimerização via radicais livres de monômeros etilicamente insaturados. Para utilização desses espessantes é necessário aumentar o pH entre 8 e 10 (FRANCO, 2014).

4.2.1 Propriedades reológicas das tintas

Em 1687, Isaac Newton, definiu a viscosidade de um fluido como a resistência ao deslizamento de suas moléculas devido ao atrito interno e, quanto maior o grau de atrito interno de um fluido, maior é a sua viscosidade. (FERREIRA et. al. 2005). Em sua abordagem matemática, Newton utilizou o modelo de duas placas de áreas A, separadas por uma distância h, movimentadas através da aplicação de uma força F, como mostra a Figura 5.

Figura 5 - Modelo de Newton para explicar viscosidade de um líquido



Fonte: Feijão (2020)

De acordo com esse modelo, a força requerida por unidade de área (F/A) para manter uma diferença de velocidade entre as placas (dv/dx) é diretamente proporcional ao gradiente de velocidade através do líquido assim como indicado na equação:

$$\frac{F}{A} = \eta \frac{dv}{dx}$$

Onde, o coeficiente de proporcionalidade é igual à viscosidade (η), a força por unidade de área é conhecida como tensão de cisalhamento (σ) e o gradiente de velocidade é conhecido como taxa de cisalhamento (γ). (BARNES,1989).

Então temos que a substituição (F/A) por (σ) e (dv/dx) por (γ), tem-se a equação de Newton para a viscosidade de um fluido.

$$\eta = \frac{\sigma}{\gamma}$$

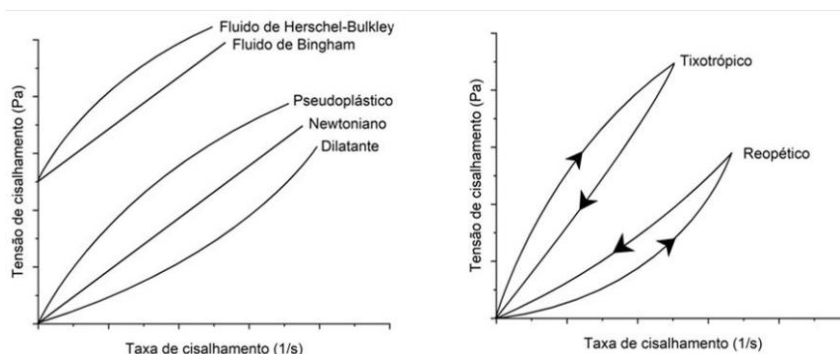
Os fluidos apresentam dois tipos de classificação em função do seu comportamento reológico: newtonianos e não newtonianos. Os newtonianos são fluidos que apresentam uma relação linear entre a taxa de cisalhamento e a tensão de cisalhamento conforme a equação de Newton, ou seja, a viscosidade mantém-se constante com a variação na taxa de cisalhamento. Já os não newtonianos são aqueles cuja curva de fluxo não é linear, apresentando uma viscosidade aparente que depende das condições do fluxo. (FERREIRA et. al. 2005).

Existem fluidos dependentes da taxa de cisalhamento, estes fluidos são caracterizados como pseudoplásticos; dilatantes e plásticos de Bingham. Os fluidos que apresentam uma diminuição na viscosidade conforme a taxa cisalhamento é

denominada pseudoplásticos que são partículas que se orientam de forma próxima uma das outras, a fim de fluírem em direção a escoamento reduzindo a sua resistência exemplos deste fluídos são: tintas, ketchup, sangue e vernizes de unhas. Os Fluídos dilatantes apresentam viscosidade crescente com o aumento da taxa de cisalhamento. Em baixas tensões de cisalhamentos são líquidos, no entanto, se tornam rígidos quanto a um sólido em altas tensões, funcionam em um sistema de mais de uma fase com o aumento da taxa de cisalhamento acontece o aumento da resistência de fluxo. Os plásticos de Bingham são fluídos com alto valor de tensão, exemplos deste fluído são algumas suspensões de sólidos granulados, pasta de dente e massas de modelar. (BORRALHO, 2014)

Os fluídos com comportamentos em função do tempo e viscosidade variam para uma dada taxa de cisalhamento, quando ela diminui com o tempo de aplicação, a taxa de cisalhamento fica constante e esse fluído caracteriza-se tixotrópico. No entanto por oposição, fluidos com viscosidade aumentando com o tempo de aplicação a taxa de cisalhamento constante denominam-se reopéticos. (BORRALHO, 2014) Conforme a Figura 6 observa-se as curvas de fluxo que são o comportamento desses fluídos conforme o aumento do cisalhamento.

Figura 6 - Perfil de fluidos dependentes e não dependentes do tempo

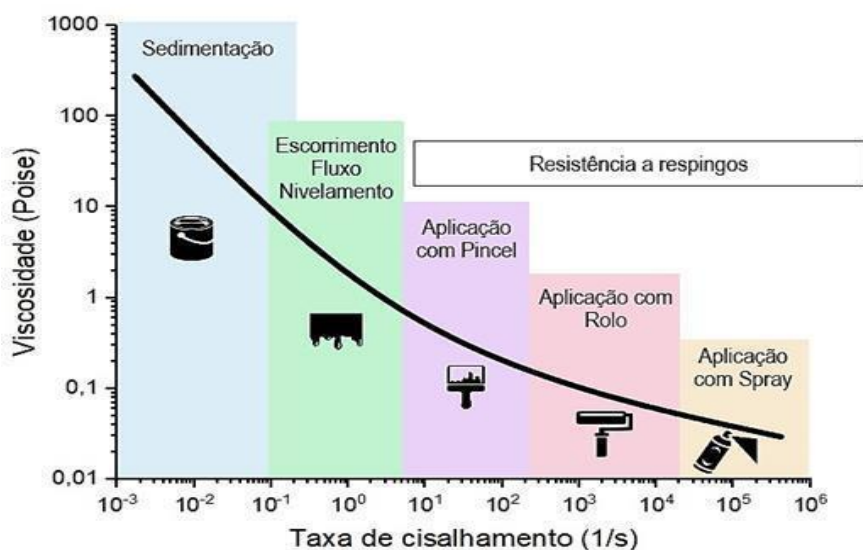


Fonte: Adaptado MCKEEN (2016)

A reologia das tintas pode ser avaliada em diversos comportamentos, como sedimentação, escorrimento, nivelamento, resistência a respingos, formação de filme, entre outros. As taxas de cisalhamentos estão associadas ao comportamento e, em especial, á sua aplicação, pois é ela que determina qual é o melhor método de aplicar o produto. Entretanto, em alta viscosidade as taxas de cisalhamentos ocasionam a sedimentação e o escorrimento das tintas. Já em baixas viscosidades,

às taxas de cisalhamento estão adaptadas para a aplicação com airless (spray). Nas regiões de médio cisalhamento a faixa ideal de viscosidade da tinta varia entre 90 KU e 110 KU que apresenta um comportamento perfeito para a sua aplicação, podendo evitar a sedimentação e escorrimento. (MACHADO et.al. 2022). A Figura 6 indica a relação da associação da taxa de cisalhamento frente ao comportamento da viscosidade em função de uma aplicação ideal.

Figura 7 - Perfil reológico de tintas em taxa de cisalhamento associado a aplicação



Fonte: Adaptado Deka et. al, (2013)

4.3 FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UMA TINTA

A formulação de tintas é ampla e cada empresa trabalha conforme suas condições metodológicas de desenvolvimento. Para que haja a liberação de uma tinta é necessário que o mesmo passe pelo controle de qualidade, sendo assim liberada para o envase, rotulagem, estoque e comercialização, conforme a Figura 8.

Figura 8 - Fluxograma de Formulação

Fonte: Autoria Própria

Para análise de dados foram utilizados três tipos diferentes de amostras da linha Premium com diferentes aditivos reológicos, a fim de avaliar a eficiência e o comportamento. As amostras foram coletadas e analisadas conforme normativas de qualidade.

5 MATERIAIS

Os materiais utilizados foram três tipos de amostras de tinta acrílica da linha Premium a base d'água. As amostras foram indicadas como 1, 2 e 3, preservando a marca comercial. Para análise de testes comparativos, foram utilizados pHmetro e reômetro rotacional, a fim de fazer comparações das liberações conforme as normas ABNT.

Figura 9 - Amostras utilizadas para os diferentes testes



Fonte: Autoria Própria

6 MÉTODOS

Os ensaios abaixo foram realizados nos laboratórios B306 e B004 da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, localizado em Londrina-PR.

6.1 Ensaio de pH

A determinação do potencial de hidrogeniônico (pH) das amostras foi realizada utilizando do pHmetro de bancada (marca AIFAKIT, modelo AT 355), como indicado na Figura 10.

Figura 10 - pHmetro utilizado



Fonte: Autoria própria

Foi realizada a medição das três amostras no mesmo dia, o pHmetro estava devidamente calibrado e foi inserido em cada amostra uma por vez, após a leitura o mesmo era limpo com água destilada, foi feito a medição em triplicata para ter uma precisão maior de dados.

6.3 Ensaio no reômetro rotacional

Esses testes foram realizados em um reômetro rotacional da marca Brookfiel, no laboratório B004 da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – campus Londrina.

Para o teste no reômetro, as três amostras foram aplicadas o modo taxa de cisalhamento controlada, com um spindle de placas 25 mm e angulação 2° e a temperatura fixa em 25°C, com a distância da base de 0,15 mm, a variação da taxa de cisalhamento de 0 a 3000 s⁻¹ por 100 segundos. Essa variação é dada conforme ensaios empíricos conforme a norma NBR 14942 (ABNT, 2019b), associando ao comportamento de aplicação de uma tinta com rolo. Os dados coletados pelo reômetro foram tratados com auxílio do software Microsoft Excel. A Figura 11 mostra o modelo do reômetro utilizado para o tratamento de dados.

Figura 11 - Viscosímetro ICI (Cone e Placa) - Rêmetro rotacional



Fonte: Autoria Própria

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 Análise de pH

O controle de qualidade para liberação de uma tinta possui ensaio de pH que determina a condição ácida ou alcalina em um meio. Substâncias alcalinas com pH > 7,0 são tendenciosas a formar incrustações, e as ácidas são as que

apresentam um comportamento corrosivo (MORAES, 2004). Na produção de tintas o controle de qualidade de pH é realizado para que a amostra seja liberada em uma faixa de (9,2 a 9,5) seguindo um padrão industrial, por meio deste é verificado se tem alguma desestabilização da amostra, pois a diminuição do pH traz conseqüências como a ploriferação de fungos e bactérias, mau cheiro e a quebra da reologia (GUEDES, 2018).

A Tabela 1 apresenta a identificação dos três tipos de amostras e os dados no ensaio de pH.

Tabela 1 – Valores de pH

Identificação	1° medição	2° medição	3 ° medição	Média	Desvio Padrão
Amostra 1	5,54	5,64	5,80	5,66	0,1269
Amostra 2	9,80	9,73	9,96	9,83	0,0456
Amostra 3	7,53	6,60	6,79	6,97	0,707

Fonte: Autoria Própria

Foi observada que cada amostra o apresentou um resultado diferente mesmo sendo da mesma linha de tinta, essa variação ocorre pela diferença nas formulações de cada empresa. Como informado o pH ocorre na liberação entre as faixas (9,2 a 9,5) conforme o padrão industrial presentes nas normativas ABNT de tintas imobiliárias. Entretanto as empresas liberam conforme a metodologia implementada no seu ramo industrial seguindo as normas.

Ao analisar a viscosidade observou um aspecto diferente para cada, a amostra 1 apresentou uma característica viscosa, densa. A amostra 2 apresentou um comportamento mais líquido aspecto fluído, conforme feito homogeneização. A amostra 3 apresentou sinérese, a sinérese se dá por quantidade excessiva de cargas e resina presente na amostra em questão.

Essas divergências encontradas na amostra 3, pode ser observado em testes laboratoriais de estabilidade acelerada, que permite simular a estabilidade do produto em condições mais agressivas, decorrendo no período de 28 dias em uma estufa a 50°C. Como sinerese está relacionada à quantidade excessiva de carga e resina, esses testes poderiam ser observados na amostra 3 (BORRALHO, 2014).

Deve-se ter um equilíbrio entre a viscosidade e o pH, essa variação encontrada nas amostras indica um excesso de alcalizante ou espessante. Conforme o controle de qualidade deve-se ter um equilíbrio das propriedades físico-químicas. A Figura 12 caracteriza os aspectos diferentes das amostras.

Figura 12 - Aspectos das amostras de tintas comerciais



Fonte: Autoria Própria

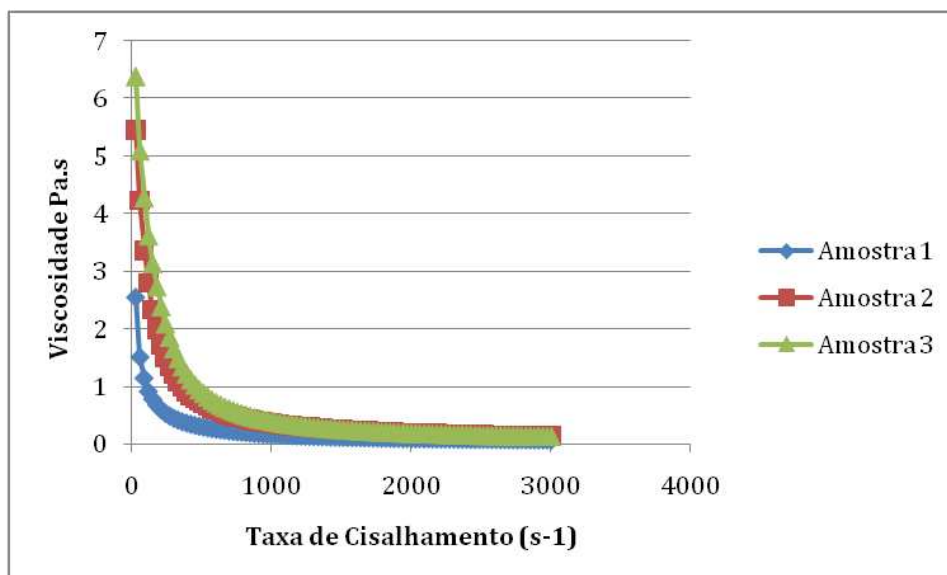
7.2 Ensaio Viscosímetro ICI de Reômetria

7.2.1 Análise da Viscosidade

A análise no reomêtro rotacional para determinar o comportamento reológico das tintas, tem como objetivo analisar a viscosidade a relação do comportamento de fluxo da amostra em um valor de gradiente elevado, com os valores fornecidos pelo aparelho, pode se verificar o melhor método de aplicação do produto, pincel, rolo ou spray.

A Figura 13 apresenta a relação da viscosidade em função da taxa de cisalhamento das amostras de tinta, e os dados dos valores iniciais e finais constam na Tabela 2.

Figura 13 - Resultados da relação da viscosidade em função da taxa de cisalhamento



Fonte: Autoria Própria

Tabela 2 – Valores de viscosidade inicial e final

Identificação	Viscosidade Inicial (Pa. s)	Viscosidade Final (Pa.s)
Amostra 1	2,53	0,062
Amostra 2	5,45	0,14
Amostra 3	6,38	0,13

Fonte: Autoria Própria

Observou-se que as amostras analisadas, independente das suas propriedades físico-químicas, apresentaram um comportamento de afinamento por cisalhamento, onde à medida que a viscosidade diminuía, a taxa de cisalhamento aumentava apresentando a característica de uma curva pseudoplástica. Vale ressaltar que o comportamento da taxa de cisalhamento favorece a estabilidade no produto final, favorecendo um sistema bem estruturado e evitando problemas de sedimentação. Fazendo um comparativo com a Figura 7, pode-se observar qual seria o melhor método de aplicação do produto, frente aos resultados da análise de viscosidade.

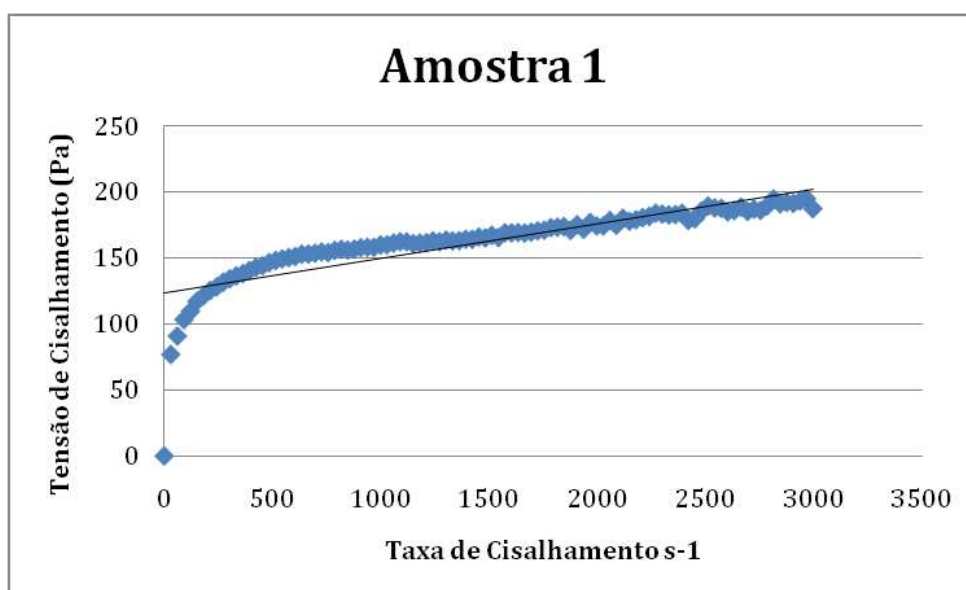
7.2.2 Análise do comportamento dos fluídos

As tintas são compostas por uma parte viscosa e outra elástica sendo assim um material com viscoelasticidade que depende em função do tempo de descanso e da concentração do produto. A parte elástica é resistente á deformação, enquanto a parte viscosa se caracteriza em relação ao tempo, devido ao fluxo induzido pela força externo aplicado oposto á viscosidade do material (CHAKRABORTY; RATNA, 2020).

A análise da viscoelasticidade pode ser estudada com a utilização de reômetro rotacional e oscilatório. São usados para caracterizar o comportamento viscosoelástico, empregam teste de frequência e varredura a uma determinada temperatura, sem destruir a estrutura da amostra. Esse método está relacionado em função ao tempo de descanso do produto o que fornece informação do material no período de longo ou curto prazo (MOOLMAM, 2008).

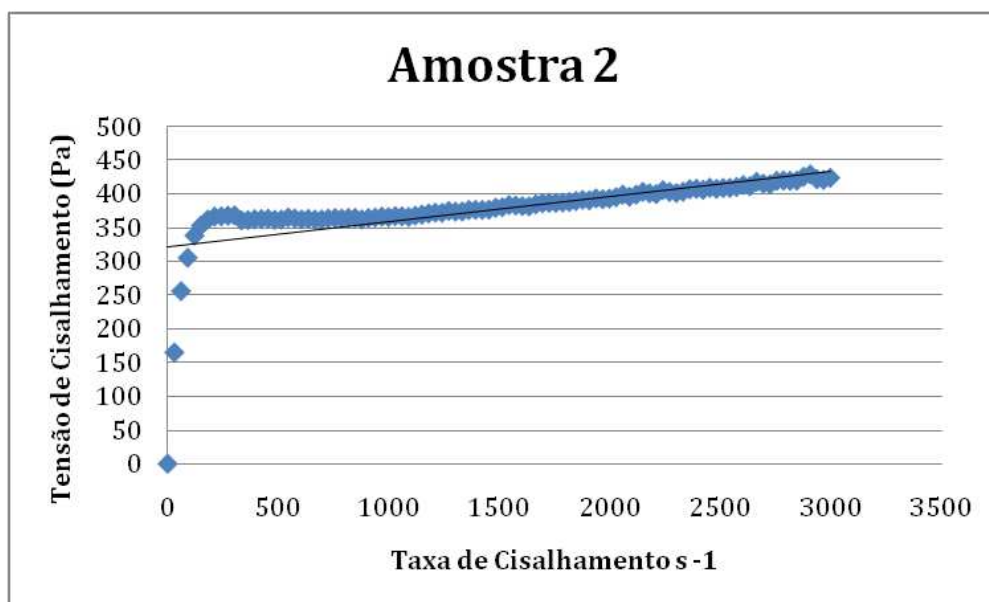
Os parâmetros utilizados para avaliação das curvas de fluxo foram obtidos em função da resposta dada pelo reômetro obtendo análise gráfica para as três amostras, visto na Figura 14,15 e 16 dada a relação à tensão de cisalhamento frente a taxa de cisalhamento.

Figura 14 - Dados das curvas de fluxo da amostra 1



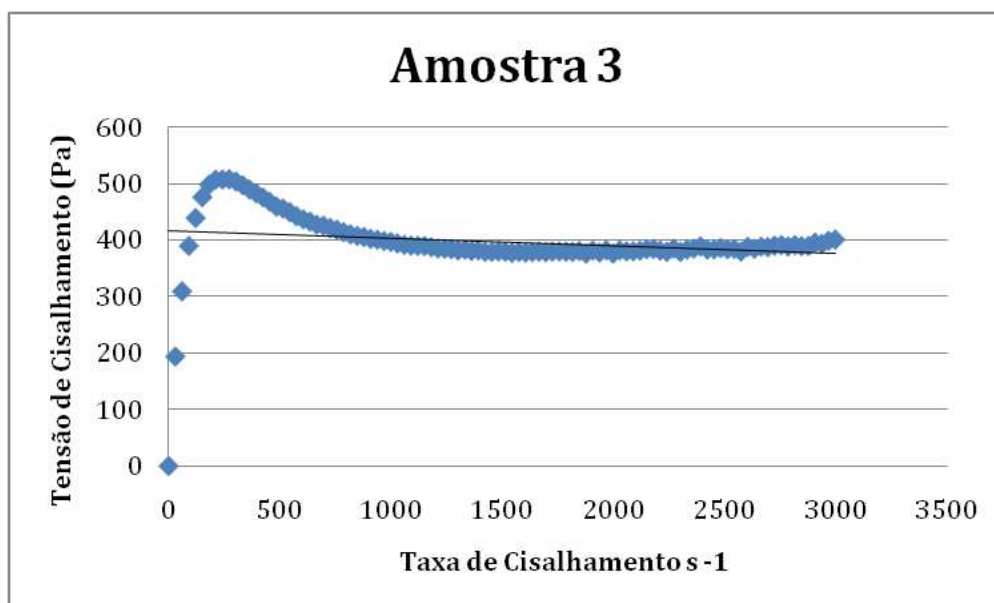
Fonte: Autoria Própria

Figura 15 - Dados das curvas de fluxo da amostra 2



Fonte: Autoria Própria

Figura 16 - Dados das curvas de fluxo da amostra 3



Fonte: Autoria Própria

Tabela 3 – Parâmetros obtidos graficamente

Identificação	σ (Pa)	η	R^2
Amostra 1	123.2	0.026	0.685
Amostra 2	321.2	0.037	0.415
Amostra 3	416.8	-0.013	0.041

Fonte: Autoria Própria

Com base nas análises obtidas dos coeficientes de correlação linear, foram observadas que as amostras 1 e 2 apresentam um comportamento correlação positiva onde R^2 tende ≤ 1 em relação a amostra 3.

A amostra 3 apresenta resultado de correlação linear baixo e resultado (n) negativo, resultados negativos são difíceis de explicar, podendo estar associados a degradação da amostra (FRAIHA, 2011). No entanto, quando analisada em relação ao pH, a amostra apresentou sinerese, que pode ser consequência do excesso de cargas e resina na produção desta tinta.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as análises de pH as amostras apresentaram valores diferentes das normas estabelecidas conforme o padrão industrial que ocorre a liberação entre as faixas de (9,2 a 9,5), foram submetidos testes em triplicatas onde os dados obtidos de potencial de hidrogeniônico da amostra 1 é (5,66) ; amostra 2 (9,83) e amostra 3 (6,97) podendo observar a variação do pH após a liberação das amostras para o mercado comercial.

As amostras apresentaram um comportamento de afinamento por cisalhamento, ou seja, com altas viscosidades em baixo cisalhamento tem-se uma amostra com um sistema estável, livre de sedimentação e bom fluxo de nivelamento, quando esta amostra for utilizada, o cisalhamento irá diminuir a viscosidade permitindo uma boa aplicação.

O índice de fluxo demonstrou que amostra 1 e 2 possuem um bom comportamento de fluido com de r^2 que tendem ≥ 1 , no entanto a amostra 3 por apresentar valores divergentes das demais, atribui-se a possível quantidade excessiva de matéria-prima e uma provável degradação molecular da amostra.

Com base na elaboração deste trabalho é necessário aprofundar em novas metodologias de produção e caracterização de tintas, pois ela exerce um papel importante de proteção em superfícies aplicadas. O mercado de tintas é amplo, possuindo diferentes tipos de fabricantes e linhas diferenciadas, caracterizando o comportamento reológico diferente em cada amostra em função das diversas matérias-primas. A reologia é caracterizada em função de aditivos presentes nas amostras dentre eles os espessantes que são explicados em relação na variação da viscosidade que está associado diretamente a sua aplicabilidade. No entanto para um amplo comparativo deveriam ter sido realizados testes variados com diferentes concentrações de diluições para ter um maior parâmetro de espessamento e dados.

REFERÊNCIAS

- ANGHINETTI, I. C. B. **Tintas, suas propriedades e aplicações imobiliárias**. 2012. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.
- ABNT. NBR 14940. **Tintas para construção civil, métodos para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – determinação da resistência à abrasão úmida**. Disponível em: Target Normas: ABNT NBR 14940 NBR14940 Tintas para construção civil. Acesso em: 13 jun. 2022
- BARNES, H. A., HUTTON, J. F., WALTERS, K. **An introduction to rheology**. 1. ed. New York: Elsevier, 1989. 199 p. (Rheology Series, 3).
- BORRALHO. M.F.M.; **Estudo da influência de espessantes em dispersões aquosas e vinílicas e sua aplicação em tintas**. 2014. Dissertação para obtenção do título de mestre em engenharia química e bioquímica, Universidade nova de Lisboa, Lisboa – Portugal, 2014.
- CHAKRABORTY, B. C.; RATNA, D. Viscoelasticity. In: CHAKRABORTY, B. C.; RATNA, D. **Polymers for vibration damping applications**. New York: Elsevier, 2020.
- CHHABRA, R. P.; RICHARDSON, J. F. Non-newtonian fluid behaviour. In: CHHABRA, R. P.; RICHARDSON, J. F. **Non-newtonian flow and applied rheology**. New York: Elsevier, 2008.
- DEKA, A.; DEY, N. Rheological studies of two component high build epoxy and polyurethane based high performance coatings. **Journal of Coatings Technology and Research**, v. 10, n. 3, p. 305–315, maio 2013
- FRANCO, B. A.R. **Estudos da influência vários espessantes em dispersões aquosas**. 2014. Dissertação para obtenção do título de mestre em engenharia química e bioquímica, Universidade nova de Lisboa, Lisboa – Portugal, 2014.
- FRAIHA, Marcos, et. al. **Rheological behavior of corn and soy mix as feed ingredients**. Food Science and Technology. v. 31, n. 1, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612011000100018>.
- FEIJÃO, G. **Estudo reológico do efeito de diferentes espessantes no desempenho de tintas**. 2020. 44f. Exame de qualificação do trabalho de conclusão de curso - Departamento Acadêmico de Engenharia de Materiais. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2020.
- Ferreira, E. E.; Brandão. G. R. P.; Klein, B.; Peres, C. E. A. **Reologia de suspensões minerais: uma revisão**. REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, 58(1): 83-87, jan. mar. 2005

GUEDES, R. M. **Estudo sobre os processos de coagulação, floculação e decantação para o tratamento de efluentes gerados em uma indústria de tintas local.** (Monografia engenharia química) - Universidade Federal da Paraíba. 2018.

MACHADO, A. M. L.; NOBERTO, C. C.; DAMASCENO FILHO, F. E.; SILVA, W. M. M. da; BABADOPULOS, L. F. de A. L.; MEDEIROS JÚNIOR, M. S. **Estudo comparativo entre os parâmetros reológicos de tintas acrílicas arquitetônicas.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 22, n. 1, p. 223-240, jan./mar. 2022.

MCKEEN, L. W. **The ComponentsofPaint.** In: MCKEEN, L. W. FluorinatedCoatingsandFinishes Handbook. New York: Elsevier, 2016.

MOOLMAN, P. L. **Rheologicalmodel for paintproperties.** Stellenbosch, 2008. 384 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade de Stellenbosch, Stellenbosch, 2008.

MORAES, LEILA C. K. **Estudo da Coagulação-Filtração Para a Produção de Água Potável.** 2004. 135f. Tese (mestrado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química, Universidade estadual de Maringá, Maringá, PR, 2004

MOURA, S.A. **ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA E AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE TINTAS IMOBILIÁRIAS À BASE DE ÁGUA.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do título de Bacharel em Química, Instituto de Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas, Alagoas – Maceió, 2021.

PEIFER, Maria Tereza. **Estudo da influência de formulações de espessante acrílico em sistemas pigmentados de alto PVC.** 2006. 119f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Polímeros) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://www.livrosgratis.com.br/ler-livro-online-31844/estudo-da-influencia-de-formulacoes-com-espessante-acrilico-em-sistemas-pigmentados-de-alto-pvc>. Acesso em 13 jun. 2022.

POLITO, G. **Principais sistemas de pinturas e suas patologias.** 2006. 66f. Apostila do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção. Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, 2006.

Tintas – ciência e tecnologia / Jorge M. R. Fazenda, coordenador – 4a edição rev. e ampl. – São Paulo: Blucher, 2009.

Tintas imobiliárias de qualidade: livro de rótulos da ABRAFATI / [Jorge M. R. Fazenda]. - - 3a ed. - - São Paulo: Blucher, 2011.

UEMOTO, Kai Loh. **Influência da formulação das tintas de base acrílica como barreira contra a penetração de agentes agressivos nos concretos.** 1998. Tese de Doutorado.