

## REFORMULAÇÃO DE TINTA ACRÍLICA E AVALIAÇÃO DE SEU COMPORTAMENTO FÍSICO-QUÍMICO APLICADOS EM DIFERENTES SUBSTRATOS

Ana Caroline Machado Picolotti<sup>1</sup>

Josiane da Rocha Silvano das Neves<sup>2</sup>

**Resumo:** Atualmente a preocupação das empresas de tintas está em trazer produtos competitivos para o mercado, ofertando tintas que possam embelezar, proteger, aderir e resistir ao intemperismo no maior número de substrato possível. As tintas industriais se destacam pela aplicação em substratos metálicos, porém já existem opções no mercado para aplicação em diversos outros como cimento, cerâmica, fibrocimento, etc. O presente trabalho traz a reformulação de uma tinta acrílica base água, tendo como objetivo principal prover um melhor tempo de secagem, para que a mesma tenha resultados satisfatórios em todos os seis tipos de telhas nos quais foram aplicadas, que foram de cimento, cerâmica, fibrocimento, ferro, galvanizado e alumínio. Para tal reformulação, fez-se quatro amostras, com propostas diferentes, a fim de se chegar a um resultado satisfatório. Em duas amostras alteraram-se a quantidade de coalescente da fórmula, analisando a interferência do mesmo no tempo de secagem, e duas outras amostras, com adição de uma resina acrílica estirenada em emulsão, adicionando coalescente somente a uma amostra. Os resultados de secagem mostraram que a amostra 1 e 2 tiveram tempo de secagem final 5% e 15% menor que a formulação original, e que a amostra três e quatro resultou em uma diminuição de cerca de 45% no tempo de secagem final. Realizou-se nas melhores amostras, sendo elas a 3 e 4, análises físico-químicas, de lavabilidade e de intemperismo natural e acelerado por máquina de QUV. As análises físico-químicas mostraram pouca alteração em relação a formulação original. No teste de lavabilidade, houve maior discrepância entre as amostras, e no teste de intemperismo, as duas amostras foram equivalentes nos resultados. O teste decisivo para escolha da melhor amostra foi o de lavabilidade, no qual a amostra 4 obteve melhores resultados, sendo escolhida como a amostra ideal para as aplicações do estudo.

**Palavras-chave:** Tintas acrílica. Telhas. Reformulação.

### 1 INTRODUÇÃO

Tintas industriais são formulações especiais geralmente utilizadas para substratos metálicos, sendo utilizadas pela indústria para fabricação de peças, pintura interna entre outros. Os substratos aplicados são geralmente metálicos, porém a tinta

---

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Química. E-mail: ana.picolotti@gmail.com

<sup>2</sup> Profa. Dra. em Engenharia Química. E-mail: josiane.neves@satc.edu.br

industrial pode ser utilizada para diversos outros, como, alvenaria, concreto, madeira e nas várias opções de telhas.

No mercado de telhas há diversos tipos a disposição dos consumidores, cada uma com características únicas, dando a eles opções para que garantam satisfação com os resultados. São exemplo as de vidro, barro, fibrocimento, acrílico, metálica, concreto, além de telhas especiais como as termo acústicas e ecológicas.

Há uma contínua preocupação das empresas em deixar seu produto mais competitivo no mercado. De acordo com essa diversidade de substratos o grande problema para a indústria de tintas é obter uma única tinta que consiga atingir o maior nível de requisitos para que a tinta possa, além de embelezar, proteger, aderir e, que também, apresente um longo tempo de resistência ao intemperismo no maior número de substratos diferentes.

Dessa forma, o presente trabalho traz um aprimoramento de uma tinta acrílica base água para aplicação em seis tipos de telhas, visto a necessidade de modificação a partir da análise de resultados preliminares, trazendo o resumo dos mesmos, como também, as análises físico-químicas das amostras produzidas e a caracterização das aplicações pós reformulação.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Para compreensão desse estudo serão abordados nesta seção informações sobre os substratos utilizados, sobre tinta acrílica e seus componentes, bem como explicação geral sobre as análises e equipamentos utilizados durante o estudo.

### **2.1 SUBSTRATOS**

O mercado de telha é muito amplo, dando ao consumidor diversas opções de matérias, variando de acordo com os requisitos do cliente e seu uso (ROSSI et al., 2014; GALVAMINAS, 2018; SCHELB, 2016; VALCARENGHI; PIOVESAN, 2011; AQUINO, 2017).

Existem diversos tipos de telhas, tais como de vidro, cerâmica, fibrocimento, acrílico, metálica, concreto, além de telhas especiais como as termo

acústicas, as telhas gravilhadas e ecológicas, as quais são feitas de fibras vegetais (ROSSI et al, 2014; GALVAMINAS, 2018; SCHELB, 2016; VALCARENGHI; PIOVESAN, 2011; AQUINO, 2017).

As telhas mais consumidas no Brasil são as de fibrocimento e de cerâmica, ocupando cerca de 95% das vendas no Brasil, seguido de 3% das vendas para telhas de concreto, e os outros 2% aos diversos tipos de telhas existentes no mercado (SANT'ANNA, 2014).

No estudo realizado, utilizou-se seis tipos de telhas, sendo elas de fibrocimento, cimento, cerâmica e três tipos de metálicas, ferro, galvanizado e alumínio, como pode ser visto na Tab. 1, na qual mostra as matérias primas de cada substrato, seus pontos positivos e também os negativos em relação a sua utilização.

Tabela 1: Substratos utilizados no estudo e suas matérias primas e pontos positivos e negativos.

<b>Substrato</b>	<b>Matérias-primas</b>	<b>Ponto positivo</b>	<b>Ponto negativo</b>
Telha de Fibrocimento	Cimento, fibras e aditivos	Flexibilidade	Absorção de umidade
Telha de cimento	Cimento, agregados, água e aditivos	Baixa permeabilidade	Aquecimento do ambiente
Telha de cerâmica	Argila, feldspato, potássio, sílica e aditivos	Isolamento térmico	Absorção de umidade
Telhas metálicas	Alumínio, zinco e ferro	Resistência a intemperes	Aumento da temperatura das estruturas

Fonte: Adaptado de Rossi et al. (2014), Schelb (2016), Galvaminas (2018), Valcarenghi; Piovesan (2011), Peralta (2006), ASCOM (2014), Macêdo et al. (2005), Toranzo (2017), Miranda (2011), Aquino (2017), Dias (2011).

## 2.2 TINTA ACRÍLICA

Tinta acrílica é uma tinta à base de água, que proporciona acabamento em ótima qualidade. Tem como características, boa lavabilidade e secagem (DORNELLES, 2008).

A tinta a ser usada neste estudo possui características especiais voltadas para aplicações que necessitam de alta resistência ao intemperismo como são as tintas para pintura de telhado.

Como constituintes da tinta acrílica temos a resina, que é a parte não-volátil da tinta e tem como propriedade a aglutinação, sendo responsável pela construção do filme seco uniforme (UEMOTO, 1998).

Segundo Miranda (2010) a resina é encarregada da formação do filme, bem como de dar a tinta diversas propriedades, destacando-se a resistência química, o brilho entre outros.

A resina acrílica possui boa resistência a radiação ultravioleta, diminuindo a calcinação bem como a tendência ao envelhecimento, são bem resistentes a água, impedindo a formação de mofo, algas e resultam na diminuição da sujeira acumulada nos substratos (DORNELLES, 2008).

Devido a sua resistência a formação de bolhas, a resina proporciona adesão em condições úmidas, e diminui a probabilidade de formação de rachaduras bem como de acontecer o descascamento da tinta (DORNELLES, 2008).

Sobre as resinas acrílicas, sabe-se que são emulsões, sendo esta uma solução de dois componentes emulsíveis, em que um está altamente disperso no outro com auxílio de um aditivo anfifílico, chamado surfactante, o qual se liga tanto a parte polar como apolar da mistura, formando a emulsão (PILZ, 2014).

Os coalescentes, são utilizados nas formulações e constituem parte importante nas tintas acrílicas, diminuindo a TMFF (temperatura mínima de formação do filme), auxiliando assim na formação de filmes homogêneos em temperaturas e umidades adversas (MONFAEDINI, 2016).

Devido ao ponto de ebulição médio a elevado, os coalescentes atuam como um plastificante durante a formação do filme, porém não permanecendo no filme seco. São influenciadores da secagem final da tinta, devido a inibição da evaporação da água nos estágios finais, por redução da pressão parcial (PILZ, 2004).

Bertan (2014) mostra em seus estudos que utiliza coalescentes com alto ponto de ebulição, em que trabalha numa faixa de temperatura de 170°C até 290°C.

Outro componente importante da tinta são os solventes, que constituem a parte volátil da tinta e auxiliam na aplicação e formulação das mesmas, sendo utilizados para ajuste de propriedades, tendo como principal, a viscosidade (UEMOTO, 1998).

É utilizado nas formulações o solvente universal, a água, aplicado no ajuste de viscosidade, são acrescentados também reguladores de pH (Potencial hidrogeniônico) a fim de ajustá-lo para o padrão desejado (GARBELOTTO, 2007).

Os aditivos por sua vez são matérias-primas utilizadas em pequena quantidade, que proporcionam controle e aprimoramento de diversas propriedades da

tinta. São exemplo de aditivos, os antiespumantes, inibidores de corrosão, biocidas etc. (SILVA, 2013; MATSUMOTO, 1997).

Os pigmentos, que como dito por Feltrin (2004) e BYK Ebook (2019), são partículas muito pequenas e não-voláteis, podem ser orgânicos ou inorgânicos, são utilizados nas formulações de concentrados de pigmentos, e possuem teor de umidade muito pequeno.

Os concentrados de pigmentos ou pastas de pigmentos, são uma mistura de pigmento e resina, onde usa-se alta porcentagem de pigmento e baixa porcentagem de resina, utilizados para conferir cor a tintas (BYK EBOOK, 2019).

## 2.3 PROPRIEDADES DAS TINTAS

Para caracterização da tinta estudada e avaliação da mesma nos substratos, se faz necessário a execução de diversos tipos de análises, tais como a de viscosidade, densidade, fineza, secagem, brilho, aderência, intemperismo e lavabilidade.

Considerada como a capacidade de fluidez de um líquido, a viscosidade nada mais é do que a resistência interna do mesmo, a qual é medida pela resistência a deformação sob tensão de cisalhamento (GARBELOTTO, 2007; BYK, 2016).

Outra análise realizada é a densidade, que pode ser descrita como massa por unidade de volume, sendo necessária no controle de qualidade das indústrias como critério de análise de formulação (BYK, 2016).

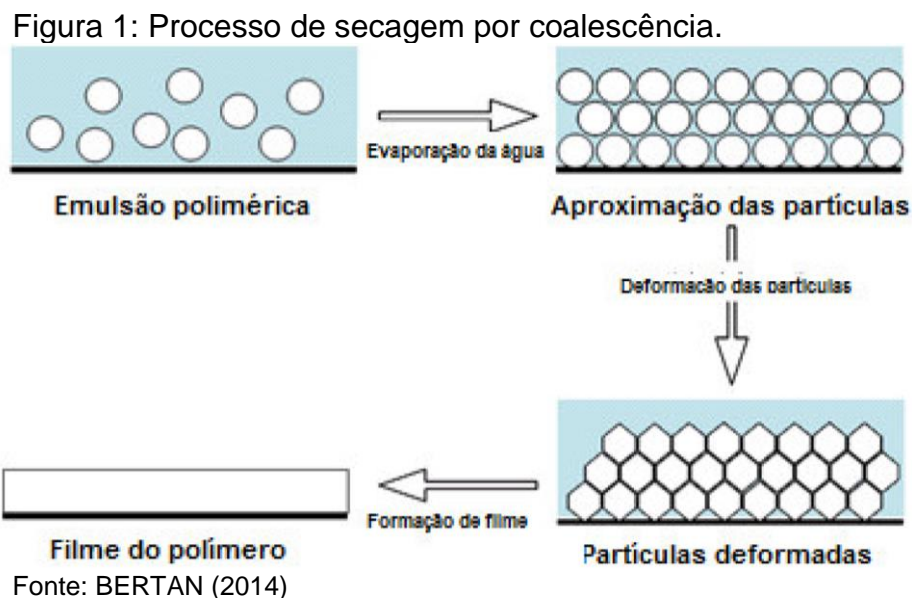
O cálculo para determinação da densidade consiste na razão entre massa do fluido e seu volume ocupado, o controle de temperatura é crucial nesta análise, sendo necessário seguir sempre um padrão (GARBELOTTO, 2007).

A dispersão da tinta é de extrema importância, a qual garante a quebra das partículas sólidas, e sua má execução afeta a fineza da mesma, alterando, portanto, o padrão da tinta e sua qualidade (PALHARES; MEZENCIO, 2009).

Para controle do mesmo é realizado o teste de fineza, sua graduação parte de 0 Hegman (Hg) à 8 Hg, onde 0 Hg corresponde a partículas com tamanho de 100  $\mu\text{m}$  (micrometros), 4 Hg á partículas com 50 micrometros de tamanho e 8 Hg que equivale a partículas com 0 micrometros (BYK, 2016).

Outra análise crucial é de secagem, que para tintas acrílicas (monocomponente), se dá de modo físico e é chamada de secagem por coalescência, onde ocorre inicialmente a evaporação do solvente principal (água) (BERTAN, 2014).

Seguindo a reação com a aproximação das partículas e sua aglutinação devido a tensão superficial, ocorre em seguida a deformação das mesmas, terminando com a coalescência das partículas, a qual ocorre devido a interdifusão das cadeias poliméricas formando o filme por consequência (BERTAN, 2014). Na Fig. 1 observa-se como ocorre a reação de secagem por coalescência.



Após o filme seco, é realizado a análise do brilho da tinta, o brilho nada mais é que a impressão resultante de avaliação da superfície, para sua medição é utilizado um equipamento que mede a reflexão especular.

A reflexão depende do índice de refração do polímero da tinta e da superfície aplicada, quão mais lisa for maior será a reflexão, e, portanto, seu brilho (CARRANQUINHA, 2011).

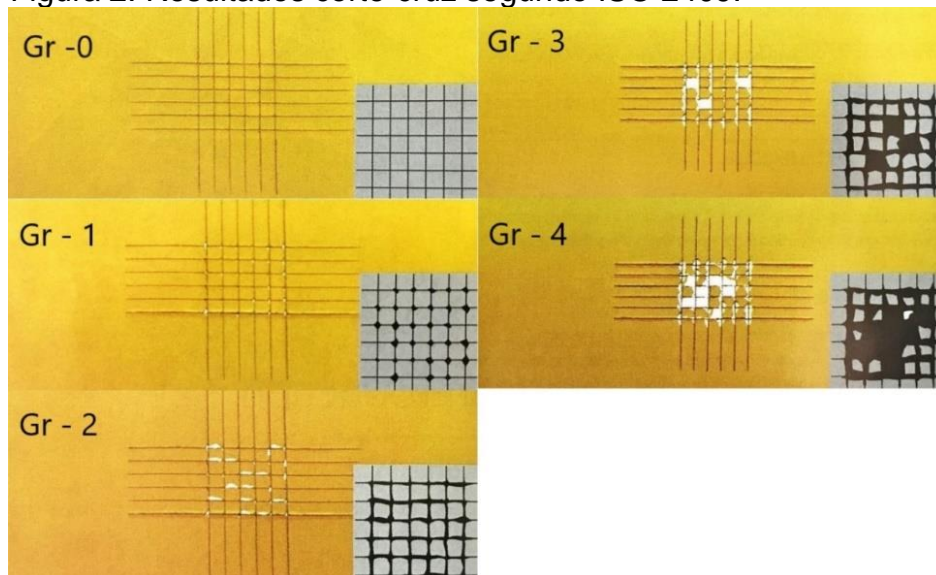
Com intuito de se ter uma tinta com bom desempenho, deve-se primeiramente garantir que a mesma adere ao substrato desejado, para tal, é necessário realizar teste de aderência.

A aderência é a condição de ligação entre dois corpos, de tal maneira em que as forças mecânicas e/ou de trabalho se transferem através da interface. Trata-

se de um fenômeno completo que relaciona efeitos físicos bem como reações químicas no filme (LIMA; MENDES, 2015).

Na Fig. 2 é visto a graduação do teste tipo corte e cruz seguindo a ISO (*International Organization for Standardization*) 2409, iniciando com ISO classe 0 que significa nenhuma porcentagem da tinta destacada do substrato, até a classe 4 indicando a retirada de 35% a 65% da tinta. A graduação ISO vai até a classe 5, sendo que esta consiste na retirada de mais de 65% da tinta do substrato, tal classe não é indicada na figura (BYK, 2016).

Figura 2: Resultados corte-cruz segundo ISO 2409.



Fonte: Adaptado de BYK (2016)

O intemperismo é o método de análise utilizado para verificar a danificação da peça com o tempo, no intemperismo natural é colocado a amostra ao ar livre, colocando-a a mercê de chuva, sol, poeira e outros agentes, para posterior análise de suas alterações (BASTTISTELLE et al., 2005).

Existem equipamentos que simulam o intemperismo, os chamados QUV, onde todo processo é acelerado, o qual reproduz os danos do intemperismo em curto espaço de tempo (Q-LAB, 2018).

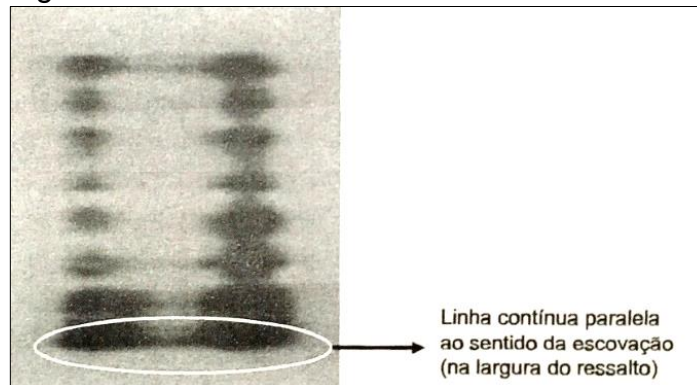
Outro teste importante para tintas destinadas a aplicações externas é o de lavabilidade, que determina a resistência do filme seco a abrasão por escovação utilizando pasta abrasiva, o qual indica a quantidade de ciclos de lavagens que a tinta

é capaz de sofrer (ABNT NBR 14940, 2015), tal teste segue a ABNT NBR 14940, a qual instrui todo o procedimento e análise dos dados.

“O resultado deve ser expresso em número de ciclos necessários para a obtenção de um desgaste na forma de uma linha contínua paralela ao sentido da escovação (na largura do ressalto) sobre o ressalto na película da tinta” (ABNT NBR 14940, 2015).

Como dito por ABNT NBR 14940 (2015), o teste é finalizado quando forma-se uma linha contínua de desgaste sob o ressalto, como é visto na Fig. 3 a qual exemplifica o final de um teste.

Figura 3: Leitura do teste de lavabilidade.



Fonte: ABNT NBR 14940 (2015)

### 3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Realizou-se a aplicação de uma tinta acrílica base água em 6 tipos de telhas, sendo avaliado nas aplicações sua aderência, porém observou-se em algumas aplicações, aspecto de pegajosidade após secagem final.

A fim de se obter um resultado satisfatório para secagem da tinta acrílica sob os substratos, foi realizado a reformulação da mesma, propondo 4 amostras, iniciando com a análise de secagem.

Fez-se em seguida uma seleção entre as amostras, escolhendo as com melhor secagem inicial e final sem pegajosidade. Para então, realizar análises mais aprofundadas, como lavabilidade, intemperismo natural e acelerado por QUV além da caracterização físico-química das mesmas.

### 3.1 REFORMULAÇÃO DA TINTA

Visando o aperfeiçoamento da tinta, foram produzidas quatro amostras, com diferentes propostas de formulação, para identificar qual seria mais indicada para estas aplicações.

O teste foi realizado em vidro, aplicando a formulação inicial, além das 4 amostras, para assim fazer um comparativo do tempo de secagem, inicial e final, para posterior aplicação nas telhas e escolha final.

Iniciou-se a formulação modificando a estrutura da tinta para cada proposta e rearranjando as porcentagens de cada matéria prima, produzindo uma quantidade de 200g para cada amostra. Na Tab. 2 é possível verificar as quatro formulações realizadas e as porcentagens de cada componente na amostra.

Para formulação são utilizadas duas emulsões acrílicas estirenada, a primeira faz parte da formulação inicial, a qual possui uma Tg (temperatura de transição vítrea) menor, devido a proporção de acrílico em sua formulação, proporcionando um filme mais flexível, e a segunda, uma resina com Tg maior, por possuir maior porcentagem de estireno, proporciona um filme mais duro e secagem mais rápida.

Tabela 2: Propostas de formulações para tinta acrílica.

<b>Componentes</b>	<b>Inicial</b>	<b>Amostra 1</b>	<b>Amostra 2</b>	<b>Amostra 3</b>	<b>Amostra 4</b>
Emulsão acrílica estirenada 1	62%	62%	62%	43,4%	43,4%
Emulsão acrílica estirenada 2	-	-	-	18,6%	18,6%
Concentrado	15%	15%	15%	15%	15%
Solvente	18,65%	17,48%	19,65%	19,65%	17,5%
Aditivo	3,35%	3,35%	3,35%	3,35%	3,35%
Coalescente	1%	2,17%	-	-	2,15%

Fonte: Do autor (2019)

Para primeira amostra iniciou a formulação adicionando a emulsão acrílica estirenada 1, aditivo, solvente e concentrados sendo homogeneizados por 5 minutos e finalizou-se adicionando o coalescente e dispersando por mais 10 minutos.

Para amostra 2 seguiu-se o mesmo procedimento, porém sem a adição do coalescente. Após a formulação, fez-se um *push* em vidro com extensor de 100 µm, da amostra 1 e 2 com a formulação atual, acompanhando secagem inicial, e construção de filme.

Após a análise das duas amostras, fez-se mais duas propostas, como vistas na Tab. 2, no qual se propôs uma blenda de resinas, unindo a emulsão acrílica estirenada 1 outra com Tg maior. Para a amostra 3 retirou-se o coalescente e na 4 o adicionou, a fim de visualizar sua influência.

Para formulação da amostra 3 seguiu-se o procedimento já descrito, mudando a quantidade de resinas, acrescentando a segunda, ressaltando que nessa formulação não foi adicionado coalescente.

Para a amostra 4, seguindo o mesmo procedimento, foi adicionado a blenda de resinas, aditivos, concentrados, solventes e o coalescente.

Realizou-se o *push* em vidro com auxílio de um extensor de 100 µm das amostras 3 e 4 em comparativo, para análise de secagem e construção do filme, utilizou-se cronômetro para determinação da secagem inicial. Após análise das quatro amostras, selecionou-se as que apresentaram os melhores resultados de secagem.

Dando continuidade nas amostras selecionadas, iniciou-se a análise de lavabilidade, que é a análise de resistência à abrasão úmida, seguindo o procedimento padrão de acordo com a ABNT NBR 14940.

Iniciou-se o teste limpando uma placa de vidro com tamanho padronizado e também uma placa de PVC, em seguida colocou-se a placa de PVC em cima da de vidro, fixando-a com auxílio de uma fita adesiva.

A tinta foi aplicada sob a placa de PVC, utilizando um extensor de 175 µm, realizando a aplicação no sentido longitudinal da placa, seguindo um intervalo de tempo estipulado pela norma.

A secagem da tinta foi de 7 dias, como estipulado pela norma, com temperatura e umidade específica e controlada. Após a secagem da tinta, preparou-se o equipamento, acoplado a escova já contendo a pasta abrasiva, e colocando um ressalto no meio da placa.

Em seguida ligou-se o equipamento, e observou-se a análise, até obter-se o desgaste mínimo, como visto na Fig. 3. Posteriormente as amostras foram aplicadas nos seis substratos, aguardou-se 24 horas e colocou-os no intemperismo natural, onde as aplicações foram colocadas sob cavaletes ao ambiente natural.

Após isso, fez as aplicações das duas amostras nos seis substratos, e esperou mais 24 horas para então colocá-las na máquina de QUV, para tal teste

utilizou-se na máquina uma lâmpada de UVA (Ultravioleta A), escolhendo o número de ciclos de condensação e radiação.

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

Para determinar a viscosidade, foi utilizado um viscosímetro tipo digital rotacional, o qual atende a necessidade da análise, e identifica com precisão a medida de viscosidade da tinta do estudo.

A análise no viscosímetro digital rotacional foi feita colocando uma certa quantidade de tinta em um becker, ajustando-se a temperatura para 25°C, e posteriormente feito a leitura da viscosidade no equipamento. A viscosidade é dada em KU (Krebs *units*) e é mostrada no visor do viscosímetro.

Para determinação da densidade, utilizou-se uma balança, onde foi pesado o picnômetro vazio, em seguida preencheu-o com o fluido e pesado novamente. No cálculo é feito a subtração da massa do picnômetro com o fluido pela massa do mesmo vazio, dividindo o valor pelo volume do picnômetro.

A fineza das amostras foi determinada através de um grindômetro, adicionando uma pequena quantidade da tinta na parte do equipamento com maior profundidade, e com auxílio do extensor arrastando a tinta até o final do equipamento.

Após isso levou-se o equipamento contra a luz, para ser possível visualizar o surgimento ou não dos pigmentos na superfície, em seguida marcou-se o início do surgimento e analisou-se nas laterais qual a graduação em Hegman.

O teste de aderência foi realizado após o teste de intemperismo, no qual se utilizou de uma lâmina de corte e uma fita filamentosa, iniciou o teste cortando o filme da tinta em formato de cruz com auxílio da lâmina de corte.

Posteriormente colocou-se um pedaço da fita filamentosa sobre o corte, utilizou-se novamente o pincel para fixar a fita sob o substrato, após isso foi puxado firmemente a fita. Utilizando as graduações mostradas na Fig. 2 determinou-se o resultado.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme testes realizados no TCC I, os substratos escolhidos foram as telhas de fibrocimento, cimento, cerâmica, ferro, galvanizado e alumínio devido aos resultados de aderência, que chegaram até Gr-2.

Através da análise inicial da tinta acrílica identificou-se suas características e viu-se a necessidade de modificação da composição da tinta, visando uma secagem mais rápida do filme. Na Tab. 3 é possível verificar o tempo de secagem das 4 amostras formuladas conforme Tab 2, em relação a formulação atual.

Tabela 3: Tempo de secagem.

<b>Secagem</b>	<b>Atual</b>	<b>Amostra 1</b>	<b>Amostra 2</b>	<b>Amostra 3</b>	<b>Amostra 4</b>
Ao toque (min)	30	30	20	25	30
Ao manuseio (min)	210	200	180	110	120

Fonte: Do autor (2019)

De acordo com os resultados obtidos na Tab. 3 é possível verificar que as amostras 3 e 4 foram as que apresentaram uma melhor secagem ao manuseio obtendo valores de 110 e 120 minutos de secagem.

A secagem das amostras foi realizada em vidro para melhor comparação geral, e ao ar, para análise da construção do filme e de sua secagem inicial e ao manuseio.

A amostra 1, por obter mais coalescente obteve uma secagem inicial de meia hora, e a secagem final de mais de três horas, podendo sugerir que o coalescente esteja afetando a secagem final da tinta, por estar em excesso na fórmula, deixando um aspecto de filme pegajoso.

Com a amostra 2 se propôs a retirada do coalescente da formulação, para verificar o impacto do coalescente na fórmula, a secagem inicial diminuiu em 10 min, e a secagem final diminuiu em 20 min, porém o aspecto final de filme pegajoso não se alterou.

Analisou-se então a especificação da resina acrílica estirenada 1, para verificar o que estaria afetando a secagem de tal modo, buscando junto ao fornecedor informações que ajudassem a melhorar a secagem.

Foi verificado o solvente coalescente utilizado na formulação da resina. Sendo que era o mesmo coalescente utilizado na formulação da tinta, indicando que esse não seria o motivo.

Observou-se então a temperatura de transição vítrea ( $T_g$ ) da resina, e a mesma se mostrou muito baixa, significando uma coalescência total, não sendo necessário o acréscimo de mais coalescente nas formulações de tinta.

Para melhora do aspecto do filme e do tempo de secagem, propôs-se então a realização de uma blenda de resinas, adicionando uma segunda emulsão acrílica estirenada na fórmula, a qual possui uma  $T_g$  maior.

A proposta visa a diminuição do tempo de secagem, tanto da secagem ao toque quanto ao manuseio, e isso ocorre devido a  $T_g$  da emulsão acrílica estirenada 2 ser maior que a da 1, devido a proporção de estireno em sua composição, fazendo com que a blenda de resinas, resulte em um filme equilibrado entre flexibilidade da primeira e dureza da segunda.

Tal conclusão se deu após leitura do estudo de Pilz (2004), no qual mostra as  $T_g$ 's de alguns polímeros, além de apresentar diversas emulsões, e os fatores que a alteram, e também as propriedades adquiridas pelas modificações na estrutura das emulsões.

Portanto, na amostra 3, foi adicionado a blenda de resinas e retirado o coalescente e na amostra 4 foi adicionado o combo além de 2,16% de coalescente, avaliando sua interferência na construção do filme e nas análises a serem feitas.

A secagem inicial das amostras 3 e 4 foram similares as duas primeiras, o que se destacou foi a secagem final, no qual obteve-se 110 e 120 min, respectivamente. O filme pós secagem final mostrou-se satisfatório, seco e livre de pegajosidade.

A partir da análise de todas as amostras, foi possível verificar que as amostras 3 e 4 eram as mais satisfatórias, e foram elas as escolhidas para se realizar os demais testes, a fim de comparar e determinar a mais indicada para os substratos.

Na Tab. 4 vê-se os resultados das análises físico-químicas como: viscosidade, densidade e fineza além da análise de lavabilidade. Foi proposto um padrão de resultado que está inserido na tabela na linha padrão, após análise das modificações em relação a amostra atual.

As viscosidades das amostras mostraram-se dentro do padrão esperado, abaixo de 100 KU, a densidade aumentou, quando comparada com a amostra padrão, onde obteve-se 1,0385 g/cm<sup>3</sup> e seu aumento é devido a adição da emulsão. As finezas das tintas foram satisfatórias seguindo o padrão esperado.

Os resultados de lavabilidade foram os mais contrastantes dentre os demais realizados, visto a diferença dos números de ciclos alcançado por cada amostra, mostrando que a 4 apresenta um filme mais resistente e coeso do que a 3.

Tabela 4: Resultados das análises.

Amostra	Viscosidade (KU)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Fineza (Hg)	Lavabilidade (nº ciclos)
Padrão	85 – 100	1,05 - 1,15	Min 6	>200
3	89	1,1034	6,5	363
4	99	1,1004	6,0	460

Fonte: Do autor (2019)

No Qd. 1 vê-se os resultados superficiais obtidos das análises de intemperismo natural. Todas as aplicações, tanto para intemperismo natural, quanto intemperismo acelerado na máquina de QUV foram realizadas sem impermeabilização do verso do substrato.

A não colocação de primer ou selador nos substratos, foi pensada para analisar o comportamento real da tinta sob cada substrato e após o intemperismo, natural e acelerado.

Quadro 1: Análise dos substratos após intemperismo natural.

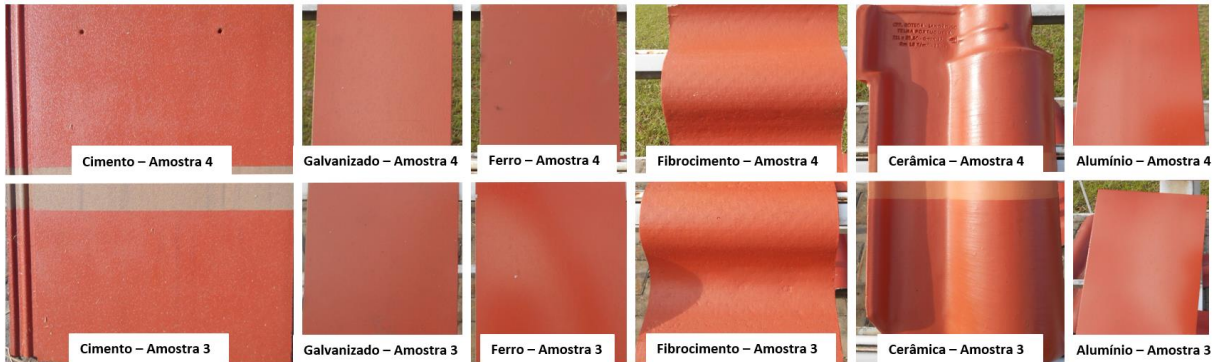
Substrato	Aspecto – 27/03/2019		Aspecto – 30/04/2019		Aspecto – 15/05/2019	
	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 3	Amostra 4
<b>Fibrocimento</b>	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A
<b>Cimento</b>	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A
<b>Cerâmica</b>	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A
<b>Ferro</b>	Opaco	Opaco	Opaco	Opaco	Opaco	Opaco
<b>Galvanizado</b>	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A
<b>Alumínio</b>	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A

S.A refere-se a resultados sem alteração em relação ao padrão.

Fonte: Do autor (2019)

Na Fig. 4 vê-se as amostras um mês após aplicadas, onde se destaca as aplicações em ferro, as quais obteve maior diferença; devido ao ataque da ferrugem a tinta, houve diminuição do brilho, porém a ferrugem não conseguiu penetrar no filme, isso mostra a coesão do filme e sua alta proteção ao substrato.

Figura 4: Aplicações dispostas no intemperismo natural.

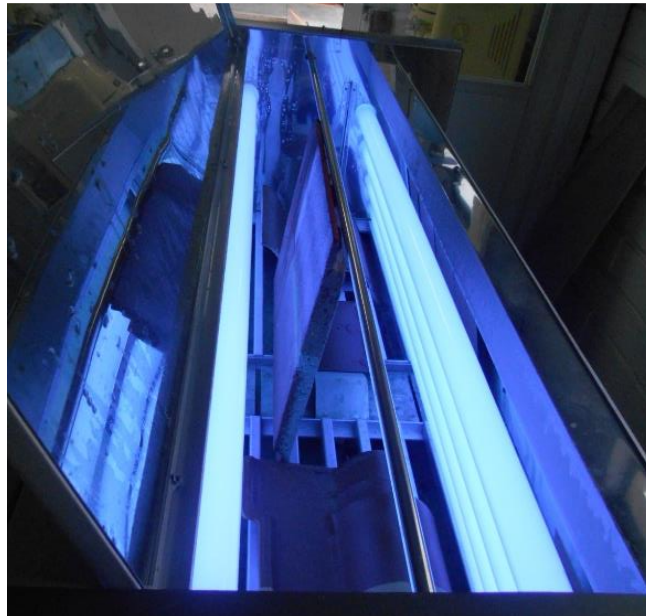


Fonte: Do autor (2019)

Nos demais substratos não houve mudanças visíveis em nenhuma das três datas. Nos demais substratos metálicos, não houve manifestação de ferrugem devido ao tipo de liga metálica, não tendo mudanças no brilho, ou aspecto.

Na Fig. 5 vê-se as aplicações dispostas na máquina de QUV, iniciando o ciclo de radiação UVA, no qual permaneceram por 312 horas, em ciclos de 4 horas de radiação por 4 horas de condensação.

Figura 5: Aplicações dispostas na máquina de QUV.



Fonte: Do autor (2019)

No Qd. 2 mostra-se os resultados simplificados para as amostras colocadas no intemperismo acelerado por QUV.

Quadro 2: Análise dos substratos após intemperismo em QUV.

Substrato	Aspecto – 02/05/2019		Aspecto – 10/05/2019		Aspecto – 15/05/2019	
	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 3	Amostra 4
<b>Fibrocimento</b>	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A
<b>Cimento</b>	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A
<b>Cerâmica</b>	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A	S.A
<b>Ferro</b>	Opaco	Opaco	Opaco	Opaco	Opaco	Opaco
<b>Galvanizado</b>	S.A	S.A	Opaco	Opaco	Opaco	Opaco
<b>Alumínio</b>	S.A	S.A	Opaco	Opaco	Opaco	Opaco

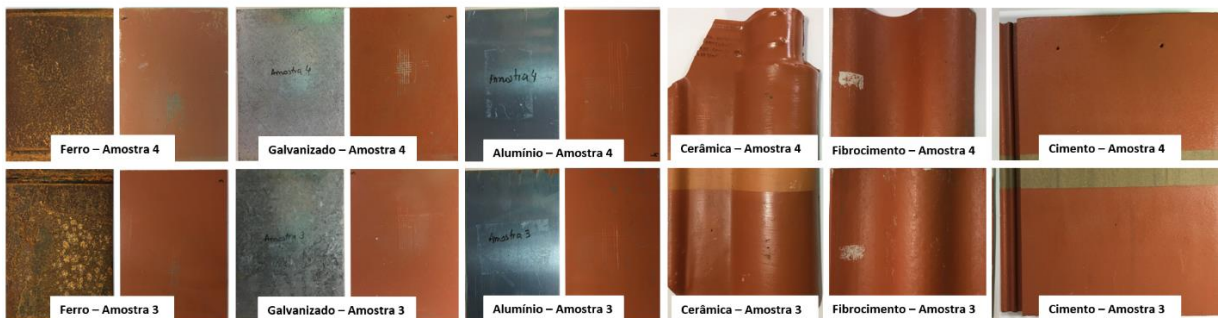
S.A refere-se a resultados sem alteração em relação ao padrão.

Fonte: Do autor (2019)

As amostras metálicas foram as que se observou perda de brilho, devido à localização na máquina de QUV, estando dispostas muito próximo à lâmpada. As amostras aplicadas em ferro, obtiveram perda de brilho não só pela proximidade a lâmpada como também pelo ataque da ferrugem, como já observado no intemperismo natural. Os demais substratos não apresentaram mudanças consideráveis em comparação ao padrão.

Após a retirada das amostras do intemperismo, foi realizado o teste de aderência nos substratos aplicados, como pode ser observado na Fig. 6.

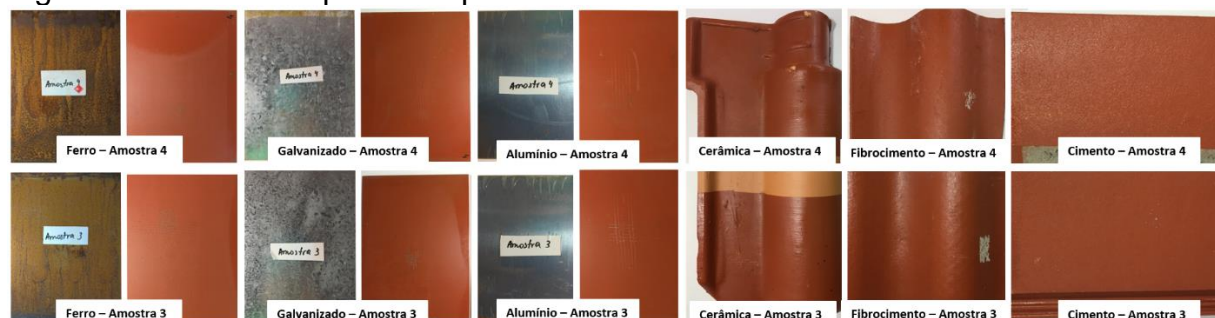
Figura 6: Substratos após intemperismo natural e teste de aderência.



Fonte: Do autor (2019)

A Fig. 7 apresenta as imagens dos substratos após o intemperismo acelerado com o teste de aderência já realizado.

Figura 7: Substratos após intemperismo acelerado e teste de aderência.



Fonte: Do autor (2019)

No Qd. 3 estão apresentados os resultados de aderência das amostras em diferentes substratos após os ensaios de intemperismo.

Quadro 3: Resultados do teste de aderência pós intemperismo.

Substratos	Intemperismo natural		Intemperismo acelerado – QUV	
	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 3	Amostra 4
<b>Fibrocimento</b>	Gr-5	Gr-5	Gr-5	Gr-5
<b>Cimento</b>	Gr-0	Gr-0	Gr-0	Gr-0
<b>Cerâmica</b>	Gr-0	Gr-0	Gr-0	Gr-0
<b>Ferro</b>	Gr-1	Gr-2	Gr-1	Gr-2
<b>Galvanizado</b>	Gr-1	Gr-2	Gr-1	Gr-0
<b>Alumínio</b>	Gr-0	Gr-0	Gr-0	Gr-0

Fonte: Do autor (2019)

Observa-se que os substratos cimento, cerâmica e alumínio foram os que se obtiveram melhores resultados em aderência, com resultado Gr-0, o substrato fibrocimento obteve Gr-0, porém através da análise da fita de aderência, se observou que, o que foi retirado era na verdade o cimento e fibra do substrato, caracterizando que, a tinta está aderida a ele, porém devido a umidade, o substrato se desprende, aparentando uma má aderência.

Nos substratos metálicos, ferro e galvanizado, obteve aderência considerável devido a não impermeabilização de seu verso, facilitando a ação da umidade e ferrugem no caso das placas de ferro.

## 5 CONCLUSÕES

Este trabalho foi iniciado com a proposta de reformular e estudar o comportamento físico-químico de uma tinta acrílica em diferentes substratos.

Durante a execução do projeto, produziu-se quatro amostras de tinta acrílica, cada uma contendo propostas diferentes para solucionar os problemas encontrados na amostra atual, que foi utilizada como referência para a análise dos resultados.

Através do presente artigo, conclui-se que dentre as 4 amostras produzidas, a primeira possuía muito coalescente, afetando a construção do filme, o mesmo ocorre na amostra 2, a ausência do coalescente prejudica a formação do filme polimérico.

Na amostra 3 já adicionado a blenda de resinas acrílicas estirenada, trazendo resultados melhores em secagem em relação as duas primeiras, influência da emulsão acrílica estirenada 2 adicionada, trazendo as propriedades de maior dureza e melhor secagem para a formulação.

A amostra 4, traz o melhor filme dentre todas as amostras, devido ao coalescente e a blenda de resinas, que chegaram a uma proporção ideal, proporcionando melhores resultados em secagem, intemperismo natural e por QUV além de se destacar das demais em lavabilidade, obtendo um resultado satisfatório para sua aplicação.

O estudo realizado mostrou que a blenda de resinas acrílicas estirenada, proporciona um melhor filme em resistência a intemperes, lavabilidade, além de possuir uma secagem final sem pegajosidade, trazendo características ideais para aplicações externas.

Propõe-se para trabalhos futuros, um estudo sobre formas de aplicação para a tinta acrílica aprimorada neste estudo, bem como uma análise aprofundada sobre a influência da umidade nas telhas e a necessidade de impermeabilização completa das mesmas.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 14940**: Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação da resistência à abrasão úmida. Rio de Janeiro, 2015. 10 p.

AQUINO, Allison Fernando Severo. **Avaliação térmica em telhas com material reciclado para serem utilizadas em construções rurais**. 2017. 36 f. TCC

(Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2017. Disponível em: <<http://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riu/2175/1/Allison%20Fernando%20Severo%20Aquino-2017.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2018.

ASCOM. Telhas de concreto podem ser uma boa escolha na hora da construção. **CREA-SE**, Sergipe, 30 jul. 2014. Disponível em: <<http://www.crea-se.org.br/telhas-de-concreto-podem-ser-uma-escolha-na-hora-da-construcao/>> Acesso em: 21 ago. 2018.

*American Society for Testing and Materials. G154: Standard Practice for Operating Fluorescent Ultraviolet (UV) Lamp Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials.* 12 ed. West Conshohocken, 2012. 12 p.

BERTAN, Radames Rezende. **Importância de agentes coalescentes em tintas acrílicas decorativas base água e sua influência na resistência à abrasão úmida.** 2014. 38f. TCC (Graduação em Engenharia Industrial Química) - Universidade de São Paulo, Lorena, 2014. Disponível em: <<http://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/monografias/2014/MIQ14035.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2018.

BYK. Catálogo: “*QC Solutions for coatings and plastics*”: edição 2016. Wesel, Alemanha: BYK Additives & Instruments, 2016. 353p.

BYK Ebook. *Wetting and dispersing additives*: cap. 12 – concentrados de pigmentos. Disponível em: <<https://ebooks.byk.com/pt/wetting-and-dispersing/>> Acesso em: 05 abr. 2019.

CARRANQUINHA, Ana Cristina Guerreiro. **Implementação de novos métodos para quantificação dos constituintes de tintas aquosas:** Determinação dos teores de cargas e pigmentos, de ligante e de dióxido de titânio. 2011. 151f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011. Disponível em: <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395143094560/Tese%20Ana%20Cristina%20Carranquinha.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

DIAS, Alexandra da Silva. **Avaliação do desempenho térmico de coberturas metálicas utilizadas em edificações estruturadas em aço.** 2011. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011. Disponível em: <[https://www.propec.ufop.br/uploads/propec\\_2016/teses/arquivos/tese203.pdf](https://www.propec.ufop.br/uploads/propec_2016/teses/arquivos/tese203.pdf)>. Acesso em: 26 set. 2018.

DORNELLES, Kelen Almeida. **Absortância solar de superfícies opacas: Métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílicas e PVA.** 2008. 152f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/257698>> Acesso em: 01 out. 2018.

FELTRIN, Suzana M. Tramontin. **Implementação de ensaios para a avaliação do desempenho de tintas imobiliárias.** 2004. 42 f. TCC (Graduação em Química Bacharelado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/105163>>. Acesso em: 5 out. 2018.

GALVAMINAS. Telha de fibrocimento: conheça as desvantagens deste produto. Galvaminas, 2018. Disponível em: <<http://www.galvaminas.com.br/blog/telha-de-fibrocimento-conheca-as-desvantagens-deste-produto/>> Acesso em: 09 set. 2018.

GARBELOTTO, Paulo. **Solventes industriais: seleção, formulação e aplicação.** São Paulo: Blucher, 2007.

LIMA, Rafael Tenório de; MENDES, Heron Pereira. Influência do aditivo silano sobre a adesão das tintas em substratos metálicos. **Revista Eletrônica Multidisciplinar Facear**, Araucária, v. 1, n. 4, 15p., jan. 1015. Trimestral. Disponível em: <[http://revista.facear.edu.br/artigo/\\$/influencia-do-aditivo-silano-sobre-a-adesao-das-tintas-em-substratos-metalicos](http://revista.facear.edu.br/artigo/$/influencia-do-aditivo-silano-sobre-a-adesao-das-tintas-em-substratos-metalicos)>. Acesso em: 17 nov. 2018.

MACÊDO, R.M.P.R.; DUTRA, R.P.S.; NASCIMENTO, R.M.; GOMES, U.U.; MELO, M.A.F.. FORMULAÇÃO DE MASSA CERÂMICA PARA FABRICAÇÃO DE TELHAS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 49., 2005, São Pedro. **Anais...** São Pedro: CBC, 2005. p. 9. Disponível em: <<https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbc/2005/artigos/49cbc-5-11.pdf>> Acesso em: 22 set. 2018.

MATSUMOTO, Nelson Mituo. **Planejamento e otimização na formulação de material polimérico (Tintas).** 1997. 108f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/267368>>. Acesso em: 03 out. 2018.

MIRANDA, Edson. Recuperação de telhas metálicas. *Revista Técnica*. São Paulo, ed. 173, ago. 2011. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/173/artigo287870-2.aspx>> Acesso em: 22 set. 2018.

MIRANDA, Sandra Cristina Fraga. **Desenvolvimento e caracterização de tintas em pó com resistência à água**. 2010. 74f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade do Porto, Porto, 2010. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/71304/1/000145843.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

MONFAEDINI, Lucélia. Agentes Coalescentes: Tecnologias diferenciadas. **Paint&pintura**, São Paulo, n. 213, p.22-30, ago. 2016. Mensal. Disponível em: <<https://www.paintshow.com.br/edicao/paintpintura/213/files/assets/basic-html/index.html#1>>. Acesso em: 1 out. 2018.

PALHARES, Pâmela M. Coimbra; MEZENCIO, Pedro H. Marques. Estudo para condições ideais de dispersão em tintas. 2009. 12 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Campus Swift, Universidade de São Francisco, São Francisco, 2009. Disponível em: <<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2975.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

PERALTA, Gizela. **Desempenho térmico de telhas: análise de monitoramento e normalização específica**. 2006. 131f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-16042007-154420/pt-br.php>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

PILZ, Cláudia Ferrari. **Influência das propriedades da resina nas propriedades de um tinta base água**. 2004. 128f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/141264/000473025.pdf?sequenc e=1>>. Acesso em: 01 out. 2018.

Q-LAB. Catálogo: “*QUV Accelerated Weathering Testers*”: edição 2018. Westlake, Estados Unidos: Q-LAB, 2018. 12p.

ROSSI, F.g.; MARTINS, J.; DENARI, M.; HASSAINE, H.; GREGÓRIO, T.; REIS, C. E. N.. Incorporação da fibra do bagaço de cana-de-açúcar no cimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 20., 2014, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Blucher, 2015. v. 1, n. 2, p. 8983 - 8990. Disponível em: <<http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/incorporao-da-fibra-do-bagaço-de-cana-de-acar-no-cimento-17760>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

SANT'ANNA, Ana. Dossiê telhados: qual a telha mais vendida? Qual tem melhor qualidade?. **CASA**, São Paulo, 1 jul. 2014. Disponível em: <<https://casa.abril.com.br/materiais-construcao/dossie-telhados-qual-a-telha-mais-vendida-qual-tem-melhor-qualidade/>> Acesso em: 09 set. 2018.

SCHELB, Cristina Galvão. **Avaliação de tipologias construtivas nos créditos de sustentabilidade: Estudo de casos - Telhas**. 2016. 137f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: <[http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/20940/1/2016\\_CristinaGalvaoSchelb.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/20940/1/2016_CristinaGalvaoSchelb.pdf)>. Acesso em: 19 ago. 2018.

SILVA, José Dinis Cruz da. **Estudo de tintas autolimpantes e purificadoras**. 2013. 109 f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Minho, Braga, 2013. Disponível em: <[https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/30791/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20de%20Mestrado\\_Jos%C3%A9%20Silva\\_2013.pdf](https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/30791/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20de%20Mestrado_Jos%C3%A9%20Silva_2013.pdf)>. Acesso em: 03 out. 2018.

TORANZO, Bruno. Confira vantagens e desvantagens da telha de cerâmica. **EMONO**, São Paulo, 17 Ago. 2017. Disponível em: <<http://www.emono.com.br/vantagens-desvantagens-telha-de-ceramica/>> Acesso em: 22 out. 2018.

UEMOTO, Kai Loh. **Influência da formulação das tintas de base acrílica com barreira contra a penetração de agentes agressivos nos concretos**. 1998. 192f. Tese (Doutorado em Engenharia da Construção Civil e Urbana) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-22032017-100712/pt-br.php>>. Acesso em: 01 out. 2018.

VALCARENGHI, Cristina; PIOVESAN, Angela Zamboni. Análise das propriedades físicas e mecânicas nas telhas fabricadas na cidade de Herval d'Oeste. **Unoesc & Ciência – ACET**, Joaçaba, v. 2, n. 1, p. 19-30, jan./jun. 2011. Disponível em: <<https://editora.unoesc.edu.br/index.php/acet/article/view/670/0>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família, que me apoiou nesta caminhada, a minha orientadora Josiane, por sua paciência e entusiasmo neste estudo e em mim, agradeço também a Anjo tintas, pelo espaço e tempo cedido para realização deste

estudo, e aos profissionais que me ajudaram de alguma forma nas pesquisas e formulações, Renan Rovani, Getúlio Borges, Felipe Freitas e demais pessoas.