ANA CRISTINA INÁCIO DE SOUZA

**Avaliação comparativa da refletância solar de tintas para telhas com o uso de
“pigmento frio” e convencional nas cores cinza claro e escuro**

São Paulo

(2018)

ANA CRISTINA INÁCIO DE SOUZA

**Avaliação comparativa da refletância solar de tintas para telhas com o uso de
“pigmento frio” e convencional nas cores cinza claro e escuro**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Ciências

Orientadora: Dra. Kai Loh

São Paulo

2018

ANA CRISTINA INÁCIO DE SOUZA

**Avaliação comparativa da refletância solar de tintas para telhas com o uso de
“pigmento frio” e convencional nas cores cinza claro e escuro**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Ciências

Área de Concentração: Inovação na
Construção Civil

Orientadora: Dra. Kai Loh

São Paulo
(2018)

Catalogação-na-publicação

Souza, Ana Cristina Inácio

Avaliação comparativa da refletância solar de tintas para telhas com o uso de "pigmento frio" e convencional nas cores cinza claro e escuro / A. C. I. Souza -- versão corr. -- São Paulo, 2018.

104 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1."Pigmento frio" 2.Tinta para telha 3.Refletância Solar 4.Refletômetro 5.Software "CoolSim" I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t.

Ao meu pai José Inácio, com todo meu amor e gratidão, por todos os quilômetros percorridos até a conclusão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial a Deus e a minha família: meu pai José, minha mãe Divane, e meu irmão Ricardo, que sempre acreditaram nos meus sonhos e sonharam comigo.

Ao meu esposo João, por tudo, principalmente pela cumplicidade, paciência e por acreditar em mim e viver este momento comigo. Á minha filha, Ana Luiza, que em muitos momentos participou e colaborou para que eu chegasse até aqui. Eu simplesmente amo vocês.

Agradeço a minha querida orientadora Dr^a Kai, por todo carinho e conhecimento compartilhado.

Ao meu sogro José, minha sogra Ana, minhas cunhadas, Lu e Cris e as minhas amigas Liliane e Gisele por todo incentivo.

Aos amigos da Poli, Christine, Maria Letícia, Juliana, Shirley e Rafael por toda a ajuda, e em especial as minhas amigas Lígia e Isabela por todo carinho e parceria.

Agradeço aos meus amigos da BASF, Carla, Andréia, Vanessa, Leticia, Aline, Ederson e Rafael por acreditarem em mim e suportarem toda essa fase turbulenta. E aos amigos de Guará, Camila e Marcos por toda ajuda.

A empresa BASF por todo o suporte no desenvolvimento dos produtos e disponibilidade dos equipamentos.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

(Marthin Luther King)

RESUMO

O uso de "pigmento frio" é uma alternativa para minimizar os efeitos de "ilhas de calor" em grandes cidades como São Paulo. Este tipo de pigmento proporciona o desenvolvimento de fórmulas de tinta para aplicação em coberturas com cores escuras, próximo ao preto, apresentando refletância solar (SR) maior. Neste estudo, foi formulado um grupo de tintas na cor cinza claro e outro na cor cinza escuro. O primeiro grupo de tintas foi preparado com adição de pigmento preto convencional, o negro de fumo que possui natureza orgânica e o segundo grupo de tintas foi preparado com adição de "pigmento frio", que possui natureza inorgânica. A fração pigmentária de ambos os grupos de tintas foi preparada com auxílio do software "CoolSim". A revisão bibliográfica mostra que as tintas preparadas com pigmentos de natureza orgânica apresentam baixa refletância solar enquanto que as tintas preparadas com o uso do "pigmento frio" apresentam maior refletância solar. Os resultados de refletância solar de ambos os grupos de tintas confirmam os dados apresentados na revisão da bibliográfica. As fórmulas preparadas com o uso de "pigmento frio", mesmo tendo cor escura, resulta em produto mais adequado para a aplicação em superfície de cobertura como telha, devido sua capacidade de absorver menos calor, o que contribui na redução da temperatura do edifício, reduzindo a necessidade de uso de ar condicionado e auxiliando na redução do consumo de energia.

Palavras-chave: "Pigmento frio". Tintas para telhas. Refletância solar. "Ilhas de calor". Refletômetro. Software "CoolSim".

ABSTRACT

The use of "cool pigment" is one of the alternatives to minimize the effects of "heat islands" in big cities like São Paulo. This type of pigment provides the development of formulas for painting roofs with dark colors, near black, but showing higher solar reflectance (SR) than conventional pigments. In this study, a group of paint was formulated in light gray color and the other in dark gray color. The first group of paints was prepared with addition of conventional black pigment which is the carbon black that has organic nature. The second group of paints was prepared with addition of "cool pigment", which has inorganic nature. The pigment fraction of both groups of paints was obtained using the software "CoolSim". The literature review shows that finishes obtained with paints prepared with organic nature pigment has lower solar reflectance and finishes obtained with paints prepared with addition of "cool pigment", with inorganic nature, have a higher solar reflectance. The results of the study show that the solar reflectance of both groups of paint confirms the data obtained in the literature review. The paint formulas prepared with addition of "cool pigment", even presenting dark color, resulted in film more adequate for the application in surfaces of roofs and tiles due their capacity to absorb less heat. The use of "cool pigment" in formulas allow to obtain paints that can contribute to the reduction of the temperature of the building, by reduction the need to use air conditioning, resulting in lower energy consumption.

Keywords: "Cool pigment". Roofing paints. Solar reflectance. "Heat islands". Reflectometer. Software "CoolSim".

Lista de Figura

Figura 1 - Refletância solar dos “pigmentos frios”	24
Figura 2 – Correlação entre o valor experimental TRS e a temperatura	24
Figura 3 – Fluxograma metodologia experimental	26
Figura 4 - Equipamento Espectrofotômetro.....	28
Figura 5 - Espaço de Cor dos eixos	30
Figura 6 - Espectro Eletromagnético	31
Figura 7 - Equipamento para a medição do brilho.....	31
Figura 8 – Ângulos de incidência para avaliação de brilho	32
Figura 9 - Aparelho de Aderência (Corte em grades).....	32
Figura 10 - Campo de Teste – Mongaguá.....	34
Figura 11 - Localização do campo de prova para intemperismo natural	34
Figura 12 - Equipamento de QUV	35
Figura 13 -Software "CoolSim"	36
Figura 14 - Equipamento Refletômetro	37
Figura 15 - Teste microbiológico da tinta para telha cinza claro, aplicado em telha de cerâmica - Convencional x "Frio" - Sem exposição a intempéries	45
Figura 16 – Avaliação microbiológica tinta para telha cinza escuro, aplicado em telha de cerâmica - Convencional x "Frio" - sem exposição ao intemperismo	46
Figura 17 - Avaliação microbiológica tinta para telha cinza claro, aplicado em telha de fibrocimento - Convencional x "Frio" – sem exposição ao intemperismo	46
Figura 18 – Avaliação microbiológica tinta para telha cinza claro, aplicado em telha de fibrocimento - Convencional x "Frio" – Sem exposição ao intemperismo.....	47
Figura 19 – Teste microbiológico tinta para telha cinza claro, aplicado em telha de cerâmica - Convencional x "Frio" – Exposição 1 ano ao intemperismo natural	47
Figura 20 – Teste microbiológico tinta para telha cinza escuro, aplicado em telha de cerâmica - Convencional x "Frio" – Exposição 1 ano ao intemperismo natural.....	48
Figura 21 – Teste microbiológico tinta para telha cinza claro, aplicado em telha de fibrocimento- Convencional x "Frio" – Exposição 1 ano ao intemperismo natural.....	48
Figura 22 - Teste microbiológico tinta para telha cinza escuro, aplicado em telha de fibrocimento - Convencional x "Frio" – Exposição 1 ano ao intemperismo natural....	49
Figura 23 - Aspecto dos corpos de prova pintados em telha de fibrocimento, usados como referência - Sem exposição ao intemperismo.....	50
Figura 24 - Aspecto dos corpos de prova pintados em telha de fibrocimento, expostos no campo de teste.....	50
Figura 25 - Aspecto dos corpos de prova pintados em telha de cerâmica, usados como referência - Sem exposição ao intemperismo.....	51
Figura 26 - Aspecto dos corpos de prova pintados em telha de cerâmica, expostos no campo de teste.....	51
Figura 27 - Aspecto dos corpos de prova pintados em telha de fibrocimento, expostos por 6 meses no campo de teste	52
Figura 28 - Aspecto dos corpos de prova pintados em telha de cerâmica, expostos por 6 meses no campo de teste	52
Figura 29 - Aspecto dos corpos de prova pintados em telha fibrocimento, expostos por 1 ano no campo de teste.....	53
Figura 30 - Aspecto dos corpos de prova pintados em telha de cerâmica, expostos por 1 ano no campo de teste.....	53

Figura 31 - Avaliação de refletância solar (%), em fundo branco - Tinta para telha cinza claro	54
Figura 32 - Avaliação de refletância solar (%), em fundo branco - Tinta para telha cinza escuro	55
Figura 33 - Avaliação de refletância solar, sem exposição ao intemperismo e com exposição ao intemperismo natural - Tinta para telha cinza claro, aplicação em cerâmica.....	57
Figura 34 - Avaliação de refletância solar, sem exposição ao intemperismo e com exposição ao intemperismo natural - Tinta para telha cinza escuro, aplicação em cerâmica.....	58
Figura 35 – Avaliação de refletância solar, sem exposição ao intemperismo e com exposição ao intemperismo natural - Tinta para telha cinza claro, aplicação em fibrocimento.....	58
Figura 36 - Avaliação de refletância solar, sem exposição ao intemperismo e com exposição ao intemperismo natural - Tinta para telha cinza escuro, aplicação em fibrocimento.....	59
Figura 37 - Avaliação de refletância solar, sem exposição ao intemperismo e com exposição ao intemperismo acelerado - Tinta para telha cinza claro	60
Figura 38 - Avaliação de refletância solar, sem exposição ao intemperismo e com exposição ao intemperismo acelerado - Tinta para telha cinza escuro	60
Figura 39 - Avaliação de refletância solar, “CoolSim” x Refletômetro - Tinta para telha cinza claro	61
Figura 40 - Avaliação de refletância solar, “CoolSim” x Refletômetro - Tinta para telha cinza escuro	62

Lista de Tabela

Tabela 1 – Avaliação do valor absoluto dos eixos cromáticos L^* , a^* e b^* em aplicação em cartela “leneta” – Sem exposição ao intemperismo.....	38
Tabela 2 – Avaliação do valor absoluto dos eixos cromáticos L^* , a^* e b^* em aplicação em placas metálicas - Sem exposição ao intemperismo.....	38
Tabela 3 – Avaliação do valor absoluto dos eixos cromáticos L^* , a^* e b^* em aplicação em telha cerâmica - Sem exposição ao intemperismo	38
Tabela 4 – Avaliação do valor absoluto dos eixos cromáticos L^* , a^* e b^* em aplicação em telha fibrocimento - Sem exposição ao intemperismo	39
Tabela 5 – Determinação do eixo L , a e b em aplicação em cartela “leneta” - Sem exposição ao intemperismo.....	39
Tabela 6 – Determinação do eixo L , a e b em aplicação em placas metálicas- Sem exposição ao intemperismo.....	40
Tabela 7 – Determinação do eixo L , a e b em aplicação em telha de cerâmica - Sem exposição ao intemperismo.....	40
Tabela 8 – Determinação do eixo L , a e b em aplicação de telha de fibrocimento - Sem exposição ao intemperismo	40
Tabela 9 – Determinação do eixo L , a e b em aplicação em telha de cerâmica, expostos no período de 6 meses e 1 ano	41
Tabela 10 – Determinação do eixo L , a e b em aplicação em telha de fibrocimento, expostos no período de 6 meses e 1 ano	41
Tabela 11 – Determinação do eixo L , a e b em aplicação em placas metálicas, expostos 1000 horas	42
Tabela 12 – Determinação do brilho no ângulo 60° em aplicação em cartela “leneta” - Sem exposição ao intemperismo	42
Tabela 13 – Determinação do brilho no ângulo 60° em aplicação em placas metálicas - Sem exposição ao intemperismo	43
Tabela 14 – Determinação do brilho no ângulo 60° em aplicação em telha cerâmica – Sem exposição ao intemperismo	43
Tabela 15 – Determinação do brilho no ângulo 60° em aplicação em telha fibrocimento - Sem exposição ao intemperismo.....	43
Tabela 16 – Determinação do brilho no ângulo 60° em aplicação em telha cerâmica – Expostos ao intemperismo natural por 6 meses e 1 ano.....	44
Tabela 17 – Determinação do brilho no ângulo 60° em aplicação em telha fibrocimento – Expostos ao intemperismo natural por 6 meses e 1 ano	44
Tabela 18 – Determinação do brilho no ângulo 60° em aplicação em placas metálicas – Expostos ao intemperismo acelerado por 1000 horas	44
Tabela 19 – Avaliação de refletância solar (%), sem exposição e com exposição 6 meses e 1 ano intemperismo natural - Tinta para telha cinza claro, aplicação em cerâmica.....	55
Tabela 20 – Avaliação de refletância solar (%), sem exposição e com exposição 6 meses e 1 ano intemperismo natural - Tinta para telha cinza claro, aplicação em fibrocimento.....	56
Tabela 21 – Avaliação de refletância solar (%), sem exposição ao intemperismo e com exposição 1000 horas intemperismo acelerado - Tinta para telha cinza claro, aplicação em placas metálicas.....	56

Tabela A.22 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, sem exposição – Delta L.....	68
Tabela A.23 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, sem exposição– Delta L.....	68
Tabela A.24 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em cartela leneta, sem exposição– Delta L.....	68
Tabela A.25 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em chapa de alumínio, sem exposição – Delta L.....	69
Tabela A.26 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, sem exposição – Delta a.....	69
Tabela A.27 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, sem exposição – Delta a.....	69
Tabela A.28 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em cartela leneta, sem exposição – Delta a.....	70
Tabela A.29 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, sem exposição – Delta a.....	70
Tabela A.30 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, sem exposição – Delta b.....	70
Tabela A.31 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, sem exposição – Delta b.....	71
Tabela A.32 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em cartela leneta, sem exposição– Delta b.....	71
Tabela A.33 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, sem exposição– Delta b.....	71
Tabela A.34 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, sem exposição – Delta C.....	72
Tabela A.35 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, sem exposição – Delta C.....	72
Tabela A.36 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em cartela leneta, sem exposição – Delta C.....	72
Tabela A.37 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, sem exposição– Delta C.....	73
Tabela A.38 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, sem exposição – Delta H.....	73
Tabela A.39 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, sem exposição – Delta H.....	73
Tabela A.40 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em cartela leneta, sem exposição– Delta H.....	74
Tabela A.41 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, sem exposição– Delta H.....	74
Tabela A.42 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, sem exposição– Delta E.....	74
Tabela A.43 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, sem exposição – Delta E.....	75
Tabela A.44 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em cartela leneta, sem exposição– Delta E.....	75
Tabela A.45 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, sem exposição – Delta E.....	75
Tabela A.46 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, após exposição – Delta L.....	76

Tabela A.47 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, após exposição – Delta L.....	76
Tabela A.48 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, após exposição – Delta a.....	76
Tabela A.49 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, após exposição – Delta a.....	77
Tabela A.50 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, após exposição – Delta b.....	77
Tabela A.51 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, após exposição – Delta b.....	77
Tabela A.52 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, após exposição – Delta C.....	78
Tabela A.53 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, após exposição – Delta C.....	78
Tabela A.54 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, após exposição – Delta H.....	78
Tabela A.55 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, após exposição – Delta H.....	79
Tabela A.56 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, após exposição – Delta E.....	79
Tabela A.57 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, após exposição – Delta E.....	79
Tabela A.58 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, após exposição – Delta L.....	80
Tabela A.59 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, após exposição – Delta L.....	80
Tabela A.60 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, após exposição– Delta a.....	80
Tabela A.61 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, após exposição – Delta a.....	81
Tabela A.62 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, após exposição – Delta b.....	81
Tabela A.63 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, após exposição – Delta b.....	81
Tabela A.64 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, após exposição – Delta C.....	82
Tabela A.65 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, após exposição – Delta C.....	82
Tabela A.66 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, após exposição– Delta H.....	82
Tabela A.67 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, após exposição – Delta H.....	83
Tabela A.68 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, após exposição - intemperismo acelerado – 1000 horas – Delta L.....	84
Tabela A.69 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, após exposição - intemperismo acelerado – 1000 horas – Delta a.....	84
Tabela A.70 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, após exposição - intemperismo acelerado – 1000 horas – Delta b.....	84
Tabela A.71 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, após exposição - intemperismo acelerado – 1000 horas – Delta C.....	85

Tabela A.72 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, após exposição - intemperismo acelerado – 1000 horas – Delta H	85
Tabela A.73 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, após exposição - intemperismo acelerado – 1000 horas – Delta E	85
Tabela A.74 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, após exposição - intemperismo acelerado – 1000 horas – Delta L	86
Tabela A.75 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, após exposição - intemperismo acelerado – 1000 horas – Delta a	86
Tabela A.76 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, após exposição - intemperismo acelerado – 1000 horas – Delta b	86
Tabela A.77 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, após exposição - intemperismo acelerado – 1000 horas – Delta C	87
Tabela A.78 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, após exposição - intemperismo acelerado – 1000 horas – Delta H	87
Tabela A.79 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, após exposição - intemperismo acelerado – 1000 horas – Delta E	87
Tabela A.80 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, sem exposição - 20°UB	88
Tabela A.81 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, sem exposição – 20°UB	88
Tabela A.82 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em cartela leneta, sem exposição – 20°UB	88
Tabela A.83 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, sem exposição – 20°UB	89
Tabela A.84 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, sem exposição – 60°UB	89
Tabela A.85 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, sem exposição – 60°UB	89
Tabela A.86 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em cartela leneta, sem exposição – 60°UB	90
Tabela A.87 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, sem exposição – 60°UB	90
Tabela A.88 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, sem exposição – 85°UB	90
Tabela A.89 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, sem exposição – 85°UB	91
Tabela A.90 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em cartela leneta, sem exposição – 85°UB	91
Tabela A.91 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, sem exposição – 85°UB	91
Tabela A.92 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, sem exposição – 20°UB	92
Tabela A.93 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, sem exposição – 20°UB	92
Tabela A.94 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em cartela leneta, sem exposição – 20°UB	92
Tabela A.95 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, sem exposição – 20°UB	93
Tabela A.96 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, sem exposição – 60°UB	93

Tabela A.97 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, sem exposição – 60ºUB	93
Tabela A.98 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em cartela leneta, sem exposição – 60ºUB	94
Tabela A.99 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas de alumínio, sem exposição – 60ºUB	94
Tabela A.100 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, sem exposição – 85ºUB	94
Tabela A.101 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, sem exposição – 85ºUB	95
Tabela A.102 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em cartela leneta, sem exposição – 85ºUB	95
Tabela A.103 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, sem exposição – 85ºUB	95
Tabela A.104 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, com exposição – 20ºUB	96
Tabela A.105 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, com exposição – 20ºUB	96
Tabela A.106 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, com exposição - intemperismo acelerado - 1000 horas – 20ºUB	96
Tabela A.107 - Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, com exposição – 60ºUB	96
Tabela A.108 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, com exposição – 60ºUB	97
Tabela A.109 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, com exposição - intemperismo acelerado - 1000 horas – 60ºUB	97
Tabela A.110 - Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, com exposição – 85ºUB	98
Tabela A.111 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, com exposição – 85ºUB	98
Tabela A.112 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, com exposição - intemperismo acelerado - 1000 horas – 85ºUB	98
Tabela A.113 - Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, com exposição – 20ºUB	99
Tabela A.114 - Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, com exposição – 20ºUB	99
Tabela A.115 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, com exposição - intemperismo acelerado - 1000 horas – 20ºUB	99
Tabela A.116 - Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, com exposição – 60ºUB	99
Tabela A.117 - Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, com exposição – 60ºUB	100
Tabela A.118 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, com exposição - intemperismo acelerado - 1000 horas – 60ºUB	100
Tabela A.119 - Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, com exposição – 85ºUB	101
Tabela A.120 - Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, com exposição – 85ºUB	101
Tabela A.121 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, com exposição - intemperismo acelerado - 1000 horas – 85ºUB	101

Tabela A.122 – Avaliação de refletância solar (%) de pinturas convencional e “fria” em telha de cerâmica, com exposição – Cinza Claro.....	102
Tabela A.123 – Avaliação de refletância solar (%) de pinturas convencional e “fria” em telha de fibrocimento, com exposição – Cinza Claro.....	102
Tabela A.124 – Avaliação de refletância solar (%) de pinturas convencional e “fria” em telha de cerâmica, com exposição – Cinza Escuro.....	102
Tabela A.125 – Avaliação de refletância solar (%) de pinturas convencional e “fria” em telha de fibrocimento, com exposição	103
Tabela A.126 – Avaliação de refletância solar (%) de pinturas convencional e “fria” em placas metálicas, sem e com exposição – Cinza Claro.....	103
Tabela A.127 - Avaliação de refletância solar (%) de pinturas convencional e “fria” em placas metálicas, sem e com exposição	103

Lista de Siglas e Abreviaturas

ABRAFATI - Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

a.C – Antes de Cristo

ASTM – American Standard Test Method

CIELab - American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers

CT- Capacidade Térmica

Δ – Delta

nm – nanômetro

OH – Hidroxila

QUV – Teste de Intemperismo Acelerado

SR – Refletância Solar

Tb – Padrão Negro

TRS – Refletância Solar Total

Tw – Padrão Branco

U – Transmitância Térmica

UV – Radiação Ultravioleta

SDA – Agar Dextrose de Sabouraud

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
1.1 OBJETIVO DE ESTUDO	20
1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	20
2. ESTADO DA ARTE	20
2.1 HISTÓRIA DA TINTA	20
2.2 RESINA.....	21
2.3 PIGMENTOS.....	22
2.4 PIGMENTO FRIO	23
2.5 ADITIVOS	25
2.6 SOLVENTES	25
2.7 FORMULAÇÃO DAS TINTAS	25
3. MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1 METODOLOGIA EXPERIMENTAL	26
3.2 TINTAS	27
3.3 ENSAIOS	28
3.3.1 COR	28
3.3.2 BRILHO.....	31
3.3.3 ADERÊNCIA	32
3.3.4 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA	33
3.3.5 INTEMPERISMO NATURAL	33
3.3.6 INTEMPERISMO ACELERADO	35
3.3.7 ESTIMATIVA DE REFLETÂNCIA SOLAR PELO SOFTWARE “COOLSIM” 35	
3.3.8 REFLETÂNCIA.....	36
4. RESULTADOS	38
4.1 AVALIAÇÃO DE COR	38
4.2 AVALIAÇÃO DE BRILHO	42
4.3 AVALIAÇÃO DE ADERÊNCIA.....	45
4.4 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA	45
4.6 AVALIAÇÃO DE INTEMPERISMO NATURAL	49
4.7 AVALIAÇÃO DE REFLETÂNCIA SOLAR - REFLETÔMETRO.....	55
4.8 AVALIAÇÃO COMPARATIVA DE REFLETÂNCIA SOLAR – “COOLSIM”x REFLETÔMETRO.....	61
5. CONCLUSÕES.....	62
5.1 SUGESTÕES PARA PRÓXIMAS PESQUISAS	63
6. APÊNDICE A.....	68

1. INTRODUÇÃO

O processo de crescimento desordenado das áreas urbanas, causa o fenômeno de “ilhas de calor”. Este fenômeno climático é causado pelo aumento da temperatura nas cidades com elevado grau de urbanização, considerando a temperatura média mais elevada do que nas regiões rurais próximas.

Existem alguns fatores que influenciam o aumento da temperatura, como alto índice de poluição atmosférica, pouca quantidade de verde e muitos materiais usados na construção civil, pois absorvem e retêm mais calor do sol do que materiais usados em áreas rurais menos urbanizadas (GARTLAND, 2008).

Para este estudo será avaliada a tinta que é um material comum na construção civil, utilizada em várias situações devido as suas propriedades estéticas e protetoras. Aliar estas propriedades ao desempenho térmico de materiais de cobertura utilizados no Brasil, proporciona um sistema de cobertura telha-tinta com um benefício para melhorar o conforto térmico dos moradores (IKEMATSU, 2007).

O uso de “pigmento frio” em tintas é uma alternativa que pode minimizar os efeitos de “ilhas de calor”, pois possui capacidade de refletir a luz solar incidente, bem como reemitir parte do calor absorvido pela superfície para o ambiente. Tradicionalmente, superfícies brancas são responsáveis por alto poder de reflexão (WERLE; LOH; JOHN, 2014).

A crescente demanda por redução no consumo de energia, promove o desenvolvimento de tecnologia inovadora que permite criar soluções eficazes e sustentáveis. Criando assim, o conceito de “pigmento frio”, o qual proporciona o desenvolvimento de tintas para telhas com cores que chegam próximo ao preto e, apresentam resultados significativos quando comparado à tinta para telhas com pigmentos convencionais, modificando a teoria que a tinta branca é a única opção para redução de temperatura dos ambientes internos.

Em busca de soluções inovadoras e sustentáveis foram desenvolvidas em laboratório tintas para telhas com “pigmento frio”, o que permite o desenvolvimento de cores que chegam próximo ao preto, aumentando a refletância solar em relação as tintas para telhas desenvolvidas com pigmento convencional.

Além de avaliar a refletância solar das tintas aplicadas com o uso dos pigmentos convencionais e “frios” nos substratos de telhas de cerâmica, fibrocimento e placas metálicas, é importante estudar o desempenho das aplicações ao longo de um tempo de exposição ao intemperismo natural e acelerado.

O estudo proporciona a aplicação de tintas com tecnologias sustentáveis, buscando desenvolver produtos com o foco em redução do consumo de energia elétrica, meio ambiente e qualidade para substratos comuns da construção civil brasileira.

1.1 OBJETIVO DO ESTUDO

O objetivo deste estudo é analisar a refletância solar das tintas desenvolvidas em laboratório nas cores cinza claro e cinza escuro, formuladas com pigmento convencional e “pigmento frio” para aplicação em telhas de cerâmica e fibrocimento. Além disso, comparar os valores de refletância solar teóricos obtidos por meio do software “CoolSim” com os valores práticos obtidos pelo equipamento refletômetro e avaliar a durabilidade das cores e refletância solar das pinturas com as tintas desenvolvidas no estudo, sem exposição e após exposição ao intemperismo natural e acelerado.

1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho foi dividido em seis capítulos:

- Capítulo 1: Introdução, objetivo do estudo e a estrutura da dissertação.
- Capítulo 2: Estado da arte, história da tinta e os componentes das formulações.
- Capítulo 3: Metodologia experimental, os materiais, métodos e ensaios realizados.
- Capítulo 4: Resultados encontrados.
- Capítulo 5: Conclusões.
- Capítulo 6: Apêndice com os dados de ensaio que foram realizados no estudo, tal como a média e o desvio padrão.

2. ESTADO DA ARTE

2.1 HISTÓRIA DA TINTA

A história da tinta se inicia na arte pré-histórica caracterizada pelos desenhos em cavernas e gravuras que datam de antes da última Era Glacial. No Oriente Médio, o homem desenvolveu o lápis colorido com propósito decorativo por volta de 4000 a.C., feitos pela mistura de um pigmento de caulim.

Na Arte Egípcia surgiram os primeiros pigmentos sintéticos. Além dos pigmentos comuns aos egípcios, os romanos conheciam outros artificiais, chumbo branco, zarcão, óxido amarelo de chumbo e ossos escuros. Os antigos chineses e japoneses utilizavam uma série de pigmentos para a preparação das cores. Os Maias, na América Central, possuíam sua maneira própria de preparar revestimentos. Nesta época, os pincéis eram feitos de penas ou plumagem de pássaros e as tintas já apresentavam durabilidade.

No século XI, Theophilus fez a primeira descrição sobre a preparação de um verniz-óleo-resinoso, com base no cozimento de uma resina natural com óleo de linhaça, com a Renascença cresceu o interesse pela utilização de óleos.

Em 1773, Watin, foi o primeiro a descrever a indústria de tintas e vernizes. As primeiras fábricas de vernizes foram estabelecidas na Inglaterra em 1790, na França em 1820, na Alemanha em 1830 e na Áustria em 1843. Por muitos séculos, a formulação de tinta foi uma arte sigilosa e passada de geração a geração.

A indústria brasileira teve início em 1886, na cidade de Blumenau, Santa Catarina, e em 1904 na cidade do Rio de Janeiro, então Distrito Federal. Os

pioneiros foram Paulo Hering, fundador das Tintas Hering, e Carlos Kuenerz, fundador da Usina São Cristóvão (TELLES, 1989).

No século XX, a indústria de tintas e vernizes sentiu o impulso científico e tecnológico, com o surgimento de novos pigmentos, melhoria dos óleos secativos, resinas celulósicas e sintéticas e uma grande variedade de agentes modificantes.

Com o passar dos anos a tinta começou a ser valorizada pela proteção, durabilidade e resistência assim ganhou forças nos países do norte da América e da Europa, em que as condições climáticas eram mais severas. A cada ano a indústria de tinta vem aumentando, buscando melhorias e avanços tecnológicos e inovadores para as propriedades das tintas.

Atualmente, o Brasil é um dos seis maiores mercados mundiais de tintas imobiliárias e um dos dez maiores fabricantes, o que respondem por 75% do total de vendas. O volume de tintas para o setor imobiliário representa 84,7% do volume total e 69% do faturamento, conforme os dados da ABRAFATI (Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas), referente ao ano de 2016.

Para um desenvolvimento de uma tecnologia é necessário conhecer as funções e componentes das tintas. Em 2009, Jorge Fazenda define a tinta como uma composição líquida, com um ou mais pigmentos aglomerados no líquido, que após o processo de cura forma um filme opaco e aderente aos substratos.

O desenvolvimento de uma tinta está associado a diversos requisitos, como proteger e valorizar o substrato, produtos voltados ao meio ambiente e qualidade e a necessidade do cliente.

A escolha por desenvolver tintas com cores diferentes como cinza claro e cinza escuro se justifica, pois, a maioria das superfícies aplicadas com tintas de cores claras tem uma elevada refletância solar e as superfícies aplicadas com tintas de cores escuras tem baixa refletância solar.

Os principais componentes de uma tinta são: resina (ligante ou veículo), pigmentos e cargas minerais, aditivos e solventes. Existem diferentes proporções dos componentes, isto pode variar por tecnologia e acabamento que são desenvolvidos.

Para o desenvolvimento das fórmulas de tintas foram considerados os mesmos componentes, com apenas uma variável, o pigmento preto, uma fórmula com pigmento convencional e a outra fórmula com “pigmento frio”. Com isso, são apresentados o conceito de tinta e componentes utilizados em sua formulação.

2.2 RESINA

As primeiras tintas desenvolvidas utilizavam resinas naturais, vegetais ou animais. Hoje em dia, as resinas com poucas exceções, são obtidas pela indústria química ou petroquímica por meio de reações complexas como polimerização, que consiste na ligação de duas ou mais unidades estruturais menores, com monômeros, que formam uma estrutura múltipla denominada polímero (ANGHINETTI, 2012).

Os primeiros estudos sobre os ácidos acrílicos e metacrílicos e seus ésteres datam mais de um século. O trabalho de Rhom, na Alemanha em 1901, foi o marco inicial dos estudos dos polímeros acrílicos e metacrílicos. A produção industrial destes polímeros foi iniciada em 1927 na Alemanha pela firma Rhom and Haas e nos Estados Unidos em 1931, pela coligada Rhom e Haas Corp. A DuPont e a ICI foram outras companhias que realizaram importantes trabalhos relacionados com a síntese dos monômeros e sua polimerização (FAZENDA, 1993).

A resina é a parte não volátil da tinta, que serve para aglomerar as partículas de pigmentos, também denomina o tipo de tinta ou revestimento empregado. Para este estudo foi adotado uma resina acrílica pura, que é obtida da reação entre a polimerização de monômeros acrílicos, como o metacrilato de metila e o acrilato de butila (ANGHINETTI, 2012).

As resinas acrílicas são polímeros obtidos a partir de monômeros de ésteres dos ácidos acrílicos e metacrílicos. Os polímeros acrílicos mais utilizados na indústria de tintas são os poliacrilatos e polimetacrilatos. Um grupo importante de monômeros é aquele que envolve os chamados “monômeros hidroxilados”. São estes os monômeros que permitem os sistemas termofixos, através de reações de “cross-linking” com sistemas amínicos ou isocianicos, devido ao grupo hidroxila (OH) presente em suas moléculas (DONADIO, 2011).

Portanto a escolha de um monômero está relacionada às características finais do polímero. Um monômero hidroxilado permitirá a sintetização de um polímero termofixo. (DONADIO, 2011).

Entre os diferentes processos de preparação dos monômeros acrílicos e metacrílicos, alguns possibilitam a obtenção dos ácidos acrílico e metacrílico, enquanto outros permitem a obtenção dos ésteres de forma direta. Por sua vez, a esterificação dos ácidos acrílico e metacrílico ou a transesterificação de certos acrilatos ou metacrilatos, constituem as rotas de preparação de outros acrilatos e metacrilatos (FAZENDA, 2009).

2.3 PIGMENTOS

Os primeiros pigmentos sintéticos surgiram no Egito (8000 a 5800 a.C.), derivados de alumínio, silício, cobre e cálcio, além de elementos de origem orgânica. Os ligantes eram à base de ovo, goma arábica e cera de abelha (ANGHINETTI, 2012).

Os pigmentos surgiram desde a era da pré-história aplicados a fim estéticos, como pintura no corpo. A maioria dos pigmentos eram minerais, terras ou de origem biológica. No século XVI foram introduzidos novos pigmentos. As Revoluções Industriais e Científicas apresentaram uma expansão na gama dos pigmentos sintéticos.

Em 1905, foi publicado o sistema de cores de Munsell fornecendo métodos para medição de cor, que estabelece o sistema em três dimensões, matiz, luminosidade e saturação, onde saturação é a diferença para o cinzento de um dado valor de matiz e luminosidade.

Em meados do século XX, apareceram as normas para a química dos pigmentos, com o objetivo de criar padrões para a indústria.

Um pigmento é um material que muda a cor da luz transmitida ou refletida na absorção de um determinado comprimento de onda. O pigmento é aplicado em diversas áreas e normalmente é utilizado de forma sólida junto a uma resina que é o ligante, que associa ao pigmento e confere à tinta suas propriedades, com a finalidade de promover cor, opacidade, consistência, durabilidade e resistência à tinta. Os principais tipos de pigmentos são: dióxido de titânio, óxido de zinco, óxido de ferro, ftalocianinas e o negro de fumo. Os pigmentos são classificados como pigmentos orgânicos e os pigmentos inorgânicos.

Segundo Anghinetti (2012), os pigmentos orgânicos são substâncias corantes que normalmente não têm características ou funções anticorrosivas. Um dos aspectos mais importantes a se observar é sua durabilidade ou propriedade de permanência sem alteração da cor, principalmente para ambientes externos. Os pigmentos orgânicos conferem cor, maior poder de tingimento e menor poder de cobertura e menor solidez ao intemperismo quando comparado com os pigmentos orgânicos.

Os pigmentos inorgânicos são mais utilizados, pois apresentam boa resistência mecânica, à corrosão, ao intemperismo, menor poder de tingimento, maior poder de cobertura e maior solidez ao intemperismo. Podem ser encontrados na forma natural ou sintéticos.

2.4 “PIGMENTO FRIO”

Os pigmentos absorvem e refletem diferentes partes do espectro da radiação solar. O uso do “pigmento frio” em fórmulas de tintas, permite principalmente que cores com tonalidades escuras, tenham valores de refletância solar superiores ao uso do pigmento convencional.

O “pigmento frio” utilizado é um pigmento inorgânico de cor preta, que tem uma composição baseada em um óxido de ferro e cromo, que permite que o substrato apresente um aquecimento substancialmente inferior ao aquecimento de uma cor equivalente com pigmento convencional, pois possui propriedades refletivas que levam à menor geração de calor.

As cores consideradas mais escuras podem apresentar refletância menor do que cores claras, devido à baixa refletância solar (CASTRO et al., 2003). As tintas aplicadas em coberturas de edifícios, influenciam na temperatura do ambiente interno.

A superfície revestida com a tinta com “pigmento frio”, contribui para a redução da temperatura dos revestimentos. A energia irradiada pelo sol, atinge toda a superfície com a tinta, gerando calor que é absorvido pelo telhado e transferido para o interior do edifício. Em outras palavras, o pigmento faz com que parte da luz que incide sobre a tinta, seja refletida para o ambiente, evitando a elevação da temperatura da superfície onde a tinta é aplicada. A refletância solar dos pigmentos é uma propriedade importante em pinturas, principalmente no caso de tons mais escuros, onde a absorção de radiação infravermelha é maior. A figura 1 ilustra a refletância solar e emissão térmica da radiação do sol na superfície do telhado.

Figura 1 - Refletância solar dos “pigmentos frios”

Fonte: <http://rodrigofortes.com.br/rfeportal/index.php/2016/08/01/o-que-e-tinta-termica-para-telhado-que-e-composta> - Adaptado pela autora

A Figura 2 apresenta um estudo realizado pela empresa BASF, que correlaciona a TRS (Total Solar Reflectance) e o aumento de temperatura de dois pigmentos de cor preto “frios”, o Sicopal Black K 0095 e Paliogen Black L 0086, comparativamente ao negro de fumo e dióxido de titânio.

Figura 2 – Correlação entre o valor experimental TRS e a temperatura

Fonte: BASF DISPERSIONS AND PIGMENTS. Paint it cool – Pigments for solar heat management in paints – p. 05 – Adaptado pela autora

O “pigmento frio” em estudo foi o Sicopal Black K 0095, mais indicado para tinta para telhas.

2.5 ADITIVOS

Os aditivos na formulação são componentes que existem em pequenas quantidades, porém influenciam significativamente na manufatura, estabilidade, aplicabilidade, qualidade e aspecto do filme aplicado.

Nas formulações, raramente o total de aditivos excede 5% da composição e usualmente, são divididos por função e não por composição química ou forma física. Quanto ao mecanismo de atuação, os aditivos podem apresentar diversas funções.

- Aditivos de cinética: secantes, catalisadores e antipeles.
- Aditivos de reologia: espessantes e antiescorrimento.
- Aditivos de processo: surfactantes, umectantes, dispersantes, antiespumantes e nivelantes.
- Aditivos de prevenção: biocidas e estabilizantes de ultravioleta.

2.6 SOLVENTES

Solventes são substâncias utilizadas para solubilizar ou dissolver outros materiais. Em composição de tintas e revestimentos, são geralmente utilizados para dissolver a resina e manter todos os componentes em uma mistura homogênea.

Os solventes proporcionam uma viscosidade adequada para que se aplique a tinta em um substrato, promovendo a dispersão da resina por toda a superfície, auxiliando no nivelamento, no controle da taxa de evaporação, influenciando a aparência final do filme e afetando as propriedades físicas do filme seco.

As diferentes tecnologias de revestimento, exigem diferentes propriedades dos solventes e concentrações nas formulações. Nos revestimentos de proteção, por exemplo, o solvente pode ser utilizado como um agente solubilizante ativo, como um agente acoplador ou simplesmente um diluente. Para as tintas à base água os solventes são utilizados como um agente coalescente, para controlar a taxa de evaporação da água e proporcionar a formação eficaz do filme.

As tintas estudadas são tintas desenvolvidas na tecnologia base água.

Solventes são substâncias utilizadas para solubilizar ou dissolver outros materiais. Em composição de tintas e revestimentos, são geralmente utilizados para dissolver a resina e manter todos os componentes em uma mistura homogênea.

2.7 FORMULAÇÃO DAS TINTAS

A diferença de formulação entre a tinta com a tonalidade cinza claro em relação a tonalidade cinza escura, é a quantidade de pigmento. Na fórmula da tinta na tonalidade cinza clara, o teor de pigmentos de cor clara é maior do que a tinta formulada com a tonalidade escura, ou seja, tem um percentual maior de dióxido de titânio na fórmula, o que favorece que a refletância solar seja maior quando comparado com a cor escura, que tem um percentual menor de dióxido de titânio. A diferença foi controlada pelo teor de água nas duas fórmulas. O solvente utilizado é água, visto que é um produto desenvolvido na tecnologia base água. A figura 4

apresenta a diferença entre a composição da tinta formulada na tonalidade cinza claro e a tinta formulada na tonalidade cinza escuro. Para a formulação com a mesma cor, por exemplo cinza claro, a única variável é o pigmento preto, existe uma diferença de cor do pigmento preto convencional para o “pigmento frio”.

Para o estudo pode-se comparar a refletância solar da mesma cor, considerando apenas o pigmento convencional versus o “pigmento frio” e avaliar a refletância solar das tintas na cor cinza claro com as tintas na cor cinza escuro. Com isso, observa-se a influência do pigmento dióxido de titânio e do “pigmento frio” nas diferentes cores.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

O trabalho iniciou com a pesquisa bibliográfica, com o objetivo de estudar os principais conceitos de tintas, correlacionando com o desenvolvimento de produtos inovadores e a compreensão da importância da eficiência energética. Assim, direcionou para um estudo de desenvolvimento de tintas em laboratório tintas para telhas nas cores cinza claro e cinza escuro, formuladas com pigmento convencional e “pigmento frio”, assim, correlacionar os resultados de refletância solar encontrados nos equipamentos “CoolSim” que auxiliou as formulações indicando os valores teóricos de refletância solar propostas no estudo e no refletômetro que representa valores práticos de refletância solar medida antes e após exposição ao intemperismo e avaliar as propriedades das pinturas com as tintas desenvolvidas no estudo, sem exposição e após exposição ao intemperismo natural e acelerado, conforme figura 3 que apresenta o fluxograma da metodologia experimental aplicada:

Figura 3 – Fluxograma metodologia experimental

O pigmento para estudo escolhido foi o preto – negro de fumo, pois é o pigmento que apresenta maior absorção de energia e menor refletância solar.

Para fazer o estudo do pigmento convencional comparativamente com o

“pigmento frio”, no início do desenvolvimento foi utilizado o software “CoolSim”, que auxiliou na formulação, calculando por meio do percentual de pigmentos da fórmula e, mostrando os resultados teóricos de refletância solar.

Os substratos utilizados para o teste de intemperismo natural foram telhas de cerâmica e telhas de fibrocimento, estes substratos foram escolhidos por serem os mais utilizados na construção civil no país e para os testes de intemperismo acelerado foram utilizadas placas metálicas conforme equipamento.

Foram realizados ensaios em laboratórios, com objetivo de avaliar a refletância solar, por meio do software “CoolSim”, que apresenta resultados de refletância solar teóricos e com o refletômetro, que apresenta resultados de refletância solar práticos, além dos testes de cor, aderência, brilho, avaliação microbiológica, testes de resistência química e durabilidade das pinturas após exposição ao intemperismo natural e acelerado.

As tintas aplicadas ficaram expostas à intemperismo natural e acelerado. As aplicações foram realizadas em duplicidade, mantendo uma guardada em laboratório, sem exposição e a outra exposta ao intemperismo. Os corpos de prova para intemperismo natural foram expostos em Santos (Mongaguá) na região Sudeste, que apresenta clima quente durante o verão e uma condição crítica, pois está localizado em frente ao mar. Foram expostos durante um ano, com avaliações a cada seis meses no campo de teste, pertencente a empresa BASF. Os testes de intemperismo acelerado foram expostas placas metálicas, por um período de 1000 horas.

Após o período de exposição de intemperismo natural e acelerado as placas metálicas e as telhas aplicadas com os pigmentos em estudo, foram realizados os ensaios para verificar a diferença de cor, brilho, aderência, avaliação microbiológica e refletância solar.

3.2 TINTAS

Para o estudo foram desenvolvidas tintas para telhas nas cores, cinza claro e cinza escuro, para cada cor tinha duas fórmulas, uma com pigmento convencional e a outra com “pigmento frio”. Em busca de identificar a eficiência do pigmento “frio”, avaliou-se a cor cinza claro, que tem em sua fórmula um percentual maior de pigmento branco e tem um percentual menor de pigmento preto, que favorece a refletância solar, e a cor cinza escura que tem em sua fórmula um percentual menor de branco e maior de preto, com refletância solar menor. A formulação foi desenvolvida com dois diferentes teores de dióxido de titânio, para verificar a influência do dióxido de titânio na refletância solar.

As tintas foram desenvolvidas para aplicação em telhas com acabamento brilhante.

- Tinta desenvolvida com pigmentos convencionais, dióxido de titânio e negro de fumo.
- Tinta desenvolvida com pigmentos convencionais dióxido de titânio e “pigmento frio” negro.

As medições de cor, refletância e brilho foram feitas em três pontos em cada corpo de prova, onde foi avaliado o desvio médio, pois os materiais estudados são superfícies curvas.

3.3 ENSAIOS

Os ensaios foram realizados antes e após exposição ao intemperismo, nas pinturas aplicadas em telhas de cerâmica, fibrocimento e placas metálicas, para verificar as seguintes propriedades das tintas aplicadas.

- Cor - ABNT NBR 15077 / 2004
- Brilho - ABNT NBR 15299/2012
- Aderência - ABNT NBR 11003/2009
- Avaliação Microbiológica - ABNT NBR15458
- Intemperismo acelerado – QUV
- Intemperismo natural
- Refletância solar teórico – Software “CoolSim”
- Refletância solar obtida por medição – Refletômetro - ASTM C1549/2009

3.3.1 COR

O equipamento espectrofotômetro foi utilizado em diferentes momentos deste trabalho, no primeiro momento usou-se para o desenvolvimento das cores, onde foram encontrados valores diferentes, pois o pigmento preto convencional apresenta diferença de cor do “pigmento frio”. No segundo momento foi para avaliar as cores das telhas aplicadas ao longo do período de exposição.

A Norma ABNT NBR 15077 / 2004, tem como objetivo determinar a cor ou a diferença de cor entre superfícies pintadas, não fluorescentes, através da medida instrumental, visando avaliar o desempenho de tintas para a construção civil.

A figura 4 ilustra o equipamento espectrofotômetro utilizado na determinação de cor das pinturas aplicadas no estudo.

Figura 4 - Equipamento Espectrofotômetro

Fonte: http://www.irp.webs.upv.es/ficha_medicion.php?lang=es&id=168

Os pigmentos pretos avaliados, apresentam composição de cor diferente nas fórmulas, com diferença nos valores colorimétricos dos eixos, assim, a aprovação das cores não foi baseada em valores e sim por meio avaliação visual.

Os valores de leitura da cor inicial, são usados como referências para a avaliação dos testes de durabilidade e resistência das telhas aplicadas com as tintas.

O espectrofotômetro é um equipamento que é capaz de medir a quantidade de luz (radiação eletromagnética) absorvida, transmitida ou refletida por uma determinada amostra, seja ela solução, sólido transparente ou sólido opaco. Existem duas classes de espectrofotômetros: A primeira é o de feixe simples, que consiste em que toda a radiação fornecida pela fonte de emissão atravesse a amostra, ou seja, a intensidade relativa de luz é medida antes e depois da amostra de teste ser inserida. Assim, para a realização das medidas basta colocar a amostra no compartimento adequado, previamente determinado pelo fabricante, e fazer com que a radiação passe por essa amostra. Esse tipo de equipamento tem um custo acessível, já que é formado por um sistema não muito complexo e a segunda é o de duplo feixe a luz, que é dividida em dois feixes antes de atingir a amostra. No caso do espectrofotômetro de duplo feixe, a fonte de luz emite somente um feixe, que chega ao prisma ou rede de difração, como no espectrofotômetro de feixe simples, e somente depois de passar pelo monocromador é que o feixe é dividido em dois. Um dos caminhos do feixe é utilizado para a referência e o outro para a amostra. Isto é bem vantajoso, pois a leitura de referência e a leitura da amostra podem ser feitas ao mesmo tempo, comparando a intensidade de luz entre os dois trajetos.

O resultado da espectrofotometria é dado por um gráfico que é conhecido como espectro e que, fornece informações de intensidade por comprimento de onda da fonte de luz. Essa faixa de comprimento de onda desejado, pode ser selecionada antes da realização das medidas, o que torna a medida mais específica e eficaz já que não será necessário, um número excessivo de dados para obter o resultado esperado. Os espectrofotômetros mais sofisticados cobrem uma gama de luz entre 200 nm e 2500 nm (ultravioleta a infravermelho). A faixa de comprimentos de onda da radiação eletromagnética mais utilizada, está aproximadamente, entre 350 nm e 750 nm, ou seja, no espectro de luz visível. Para que os resultados obtidos pelas medidas realizadas no espectrofotômetro sejam precisos, é necessário sempre fazer a calibração do instrumento utilizando padrões conhecidos.

O sistema Munsell, quantifica a luminosidade em uma escala de zero (preto) a dez (branco) e, de zero a um valor indeterminado para medir a saturação. O sistema CIEL a^*b^* é considerado o sistema de coordenadas cromáticas, que consiste nos eixos a^* e b^* , nos quais determinam o ângulo de tonalidade da cor. O terceiro eixo é de luminosidade L^* . Este é perpendicular ao plano a^* e b^* . Dentro deste sistema, todas as cores podem ser determinadas como as coordenadas $L^*a^*b^*$.

O eixo L^* corresponde ao eixo do branco e preto, sendo o valor positivo correspondente ao branco e o negativo ao preto.

O eixo a^* corresponde ao eixo do vermelho e verde, sendo o valor positivo correspondente ao vermelho e o negativo ao verde.

O eixo b^* corresponde ao eixo do amarelo e azul, sendo o valor positivo correspondente ao amarelo e o negativo ao azul.

O eixo C^* corresponde a saturação, indicando se a cor está mais suja ou limpa, sendo o valor positivo mais limpo e o valor negativo mais sujo.

O eixo E é a somatória dos eixos L , a e b .

Representados pela figura 5 mostra o espaço de cor dos eixos para avaliação do sistema colorimétrico.

Figura 5 - Espaço de Cor dos eixos

Fonte: BYK GARDNER

Cálculo do sistema CIE $L^*a^*b^*$:

Diferença eixo a^* : $Da^* = a^* \text{ amostra} - a^* \text{ padrão}$

Diferença eixo b^* : $Db^* = b^* \text{ amostra} - b^* \text{ padrão}$

Diferença de luminosidade: $DL^* = L^* \text{ amostra} - L^* \text{ padrão}$

Diferença de tonalidade: $DE^* = ((DL^*)^2 + (Da^*)^2 + (Db^*)^2)^{1/2}$

O ângulo de tonalidade h° é definido partindo do eixo a^* (+) e é expresso em graus:

- $0^\circ/360^\circ$ localiza no eixo $a^*(+)$ = vermelho
- 90° localiza no eixo $b^*(+)$ = amarelo
- 180° localiza no eixo $a^*(-)$ = verde
- 270° localiza no eixo $b^*(-)$ = azul

Cálculo do sistema CIE L^*C^*h :

Saturação: $C^* = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2}$

Diferença de saturação: $DC^* = C^* \text{ amostra} - C^* \text{ padrão}$

Tonalidade (ângulo): $h^\circ = \arctg b^*/a^*$

Diferença total de cor: $DE^* = ((DL^*)^2 + (DC^*)^2 + (DH^*)^2)^{1/2}$

Diferença de tonalidade: $DH^* = ((DE^*)^2 + (DL^*)^2 + (DC^*)^2)^{1/2}$

$$DH^* = ((Da^*)^2 + (Db^*)^2 + (DC^*)^2)^{1/2}$$

(PALMA, 2000)

A Figura 6 apresenta o espectro eletromagnético na luz do visível, que indica para cada comprimento de onda pertencente a faixa do visível uma percepção de cor.

Fonte: SAKUNO, 2010

3.3.2 BRILHO

A avaliação do brilho é uma propriedade importante, principalmente após o período de exposição, porque a exposição da radiação altera o brilho, fazendo com que as tintas aplicadas sofram a perda de brilho. A Figura 7 mostra o equipamento que foi utilizado para realizar a medição do brilho das superfícies estudadas. Este equipamento apresenta a leitura em três ângulos de medição 20, 60 a 85°, que pode avaliar do alto ao baixo brilho.

Figura 7 - Equipamento para a medição do brilho

Fonte: <http://www.mastcom.com.br/produtos/aparencia/brilho/micro-tri-gloss/>

A Norma ABNT NBR 15299/2012, apresenta a medida fotoelétrica da reflexão da luz, incidente nos ângulos de 20°, 60° e 85°, diretamente nas superfícies das películas. O brilho é um teste importante, para avaliar o quanto o pigmento tem impacto em manter ou destruir as propriedades das tintas.

Os valores de brilho inicial, são referências para a avaliação da durabilidade e resistência das tintas, aplicadas em telhas que foram expostas ao intemperismo.

Conforme a figura 8, existem três ângulos de observação: 20°, 60° e 85°, que resultam em unidade de brilho, respectivamente, brilhos superiores a 70, brilhos entre 10 e 70 e inferiores a 10, os resultados são expressos em unidade de brilho (UB). As tintas desenvolvidas foram classificadas como acabamento brilhante, com um brilho no ângulo de 60°, o que representa um valor de 10 a 70.

Figura 8 – Ângulos de incidência para avaliação de brilho

Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/5258435/>

3.3.3 ADERÊNCIA

O teste de aderência permite avaliar a adesão da tinta aplicada no substrato, e após o período de exposição, pode-se verificar se as propriedades são preservadas. A Figura 9 ilustra os equipamentos para realizar o teste de aderência.

Figura 9 - Aparelho de Aderência (Corte em grades)

Fonte: <http://www.mastcom.com.br/produtos/testes-fisicos/aderencia/>

Para o teste de aderência usou-se a norma ABNT NBR 11003/2009, que tem como objetivo, determinar a aderência em tintas, pelo método A (corte em X) e pelo método B (corte em grade). Para o teste de aderência foi determinado o método B (corte em grade) comumente utilizado pelos fabricantes de tintas.

Para avaliação de aderência, as tintas foram aplicadas conforme a norma nos substratos em estudo: telha de cerâmica e fibrocimento. O teste de aderência foi realizado nas pinturas que não foram expostas e após exposição ao intemperismo, com o objetivo de verificar a durabilidade das pinturas nos substratos aplicados

3.3.4 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

A avaliação microbiológica tem como objetivo determinar a contaminação por microrganismos das telhas aplicadas com os pigmentos em estudo.

O teste foi realizado seguindo a norma ABNT NBR15458, nas telhas de cerâmica e fibrocimento. Para as avaliações foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Estufa com controle de temperatura $\pm 30^{\circ}$;
- Capela de fluxo laminar;
- Swab;
- Placa de Petri descartáveis;
- Meio de cultura (Agar Sabouraud dextrose 4%)

O material para avaliação microbiológico foi coletado com o auxílio do Swab, antes e após intemperismo natural, o material que foi coletado foi preparado com a adição de aproximadamente 15mL de meio de cultura (Agar Sabouraud dextrose 4%) na placa de petri. O material ficou em repouso por 24 horas e depois ficou incubado à 30°C por um período de 48 a 72 horas e o meio de cultura foi avaliado.

A avaliação microbiológica foi realizada em telhas que não foram expostas e as que foram expostas por um período de 1 ano ao intemperismo natural.

3.3.5 INTemperismo NATURAL

As exposições ao intemperismo natural, foram realizadas em um campo de exposição na praia em Santos – Mongaguá, escolheu-se este campo, pois é uma região com clima intenso com maresias e poluição atmosférica. Os corpos de prova ficaram expostos por um período de um ano.

As medições foram realizadas nos corpos de prova que não foram expostos, guardados em laboratório, após seis meses e um ano de exposição ao intemperismo natural. Os testes realizados foram de cor, brilho, aderência, refletância solar e microbiológicos.

O estudo ao intemperismo, tem como objetivo avaliar o envelhecimento das tintas aplicadas nas telhas de cerâmica e fibrocimento. O intemperismo natural é o mais próximo da realidade.

A exposição ao intemperismo natural foi realizada em um campo de exposição localizado na praia Santos (Mongaguá), em São Paulo, região Sudeste,

onde apresenta condições intensas para avaliação da durabilidade e resistência dos sistemas de pinturas estudados.

Figura 10 - Campo de Teste – Mongaguá

O clima de Mongaguá é o subtropical úmido sem meses secos. Devido à proximidade com a Serra do Mar junto ao Oceano Atlântico, os verões são quentes e invernos brandos, sendo os meses mais quentes janeiro e fevereiro, com uma média de 25 °C, e o mês mais frio considerado julho, com uma média de 18 °C. Representa os valores de topografia de 60% plana e 40% montanha, com uma latitude de 24° 06' 49" Sudeste, longitude de 46° 39' 57" Oeste e altitude igual a 18m, conforme figura 11.

Figura 11 - Localização do campo de prova para intemperismo natural

3.3.6 INTEMPERISMO ACELERADO

O intemperismo acelerado foi simulado por meio do equipamento de QUV, conforme ilustração na figura 12, o resultado encontrado deve-se a simulação do comprimento de ondas curtas da luz solar. É utilizado como verificador acelerado do teste de intemperismo, o resultado pode reproduzir danos em curto tempo, promovendo uma degradação intencional por ciclos de QUV com duração menor que o intemperismo natural.

O teste de intemperismo acelerado é realizado em um equipamento de QUV, que mede a resistência das pinturas quanto a radiação ultravioleta (UV). Foram avaliados os testes de cor, brilho, refletância solar das pinturas em estudo.

Figura 12 - Equipamento de QUV

Fonte: <http://www.q-lab.com/pt-br/products/quv-weathering-tester/quv>

3.3.7 ESTIMATIVA DE REFLETÂNCIA SOLAR PELO SOFTWARE “COOLSIM”

A refletância solar total (TSR) dos pigmentos presentes nas formulações das tintas estudadas, foram estimadas utilizando o software “CoolSim” que possui, um banco de dados onde são inseridos o teor percentual de sólidos dos pigmentos presentes nas fórmulas. A estimativa se baseia na medida da refletância dos pigmentos presente em cada uma das formulações, na espessura da camada da tinta e nas características do substrato. O resultado é teórico e apresenta, a correlação da refletância solar.

O software “CoolSim” mostra o quanto é refletido na faixa de 300 - 2500nm. A avaliação pode ser feita pela luz visível, ultravioleta e a infravermelho, porém, o infravermelho é o que mais contribui para a energia que é irradiada.

A Figura 13 representa o software “CoolSim”, que mede a refletância solar total (TSR) das diferentes fórmulas das pinturas e apresenta a diferença de temperatura entre os valores encontrados por meio das formulações propostas, portanto, utilizou-se o “CoolSim”, com o objetivo de identificar um potencial de aumento de refletância solar das tintas com o uso de “pigmento frio”, quando

comparado com as tintas com o uso de pigmentos convencionais. Assim, com o resultado encontrado foi possível reduzir o tempo para a preparação, medição e avaliação das amostras de laboratório através da previsão de dados de refletância solar, antes de iniciar os testes de intemperismo natural e acelerado.

Figura 13 -Software "CoolSim"

Fonte: BASF Pigmentos

Para calcular a refletância solar é fornecido ao software a composição em pigmentos da fórmula, considerando uma camada de 18µm e o substrato (leneta branca e preta), e o resultado é expresso por refletância solar.

3.3.8 REFLETÂNCIA

A refletância solar pode ser medida de acordo com a norma ASTM C1549 (ASTM, 2009), que apresenta um método de determinação da refletância solar, utilizando um refletômetro solar portátil, indicado para medições de superfícies planas opacas ou curvas, podendo ser homogêneas ou heterogêneas, as principais vantagens são as medições em amostras grandes ou in loco.

O refletômetro realiza medições em apenas quatro comprimentos do espectro solar: 380nm, 500nm, 650nm e 1220nm, seguida de uma extrapolação com base em uma calibração prévia. Em cada medição, o equipamento calcula um valor integrado da refletância solar, equivalente ao intervalo de comprimento de ondas do espectro solar. A calibração interna do equipamento, é baseada na comparação de medições do refletômetro com medições obtidas em espectrofotômetros equipados com esferas integradoras. O refletômetro é composto por um “cabeçote de medição” de refletância, conectado por um cabo a um módulo eletrônico, que é feito o controle da medição através de um teclado, e os resultados são exibidos em um display. No cabeçote de medição onde localiza a fonte de radiação eletromagnética (lâmpadas) e um conjunto de detectores que medem a intensidade da radiação refletida.

A amostra é iluminada difusamente com uma lâmpada de tungstênio/halogênio, e a energia refletida é medida em um ângulo de incidência de 20° em relação à normal da superfície. O equipamento possui quatro detectores que realizam o monitoramento da energia refletida em diferentes faixas de comprimento de onda. O procedimento de medição deve ser iniciado com a calibração do refletômetro, utilizando um corpo negro e algumas amostras padrão (de refletâncias conhecidas) fornecidos pelo fabricante.

A figura 14 representa o equipamento refletômetro, que fornece os valores de refletância espectral, para os quatro comprimentos de onda medidos e também o valor da refletância solar, calculado pelo software do próprio equipamento. Resultados de testes apresentados na ASTM C1549, indicam uma incerteza de até 3% ($\pm 0,03$ absoluto) nos resultados de refletância solar obtidos com o refletômetro portátil (FREDEL; SCHABBACH, 2015).

Figura 14 - Equipamento Refletômetro

Fonte: <http://www.devicesandservices.com/prod01.htm>

A refletância solar total (TSR), é a porcentagem de energia solar refletida por uma determinada superfície. Para a refletância igual a zero não há reflexão e para a refletância igual a um, isto indica que toda a radiação é refletida.

Segundo a NBR15220-1/2005, a refletância solar (ρ) é definida como o quociente da taxa de radiação solar refletida, por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície (SANTOS, 2013).

A cor de uma superfície opaca fornece boa indicação de sua capacidade de absorção da radiação solar. Quanto mais clara e brilhante, menor a absorção e, conseqüentemente, maior a reflexão. Também a cor da pintura externa possui um efeito significativo no ganho de calor, sendo possível, através de sua escolha adequada, atenuá-lo significativamente (FREDEL; SCHABBACH, 2015).

A refletância solar é um importante fator que afeta a superfície e a temperatura do ar ambiente próximo da superfície. A fração desta energia absorvida é conduzida para o solo e para o interior dos edifícios, sendo uma fração transferida para o ar por convecção, e outra fração irradiada para o céu. (SANTOS, 2013).

4. RESULTADOS

4.1 AVALIAÇÃO DE COR

Conforme a norma ABNT NBR 15077 / 2004, foram realizadas a determinação de cor, para as pinturas em estudo, com objetivo de medir a cor das fórmulas desenvolvidas e verificar a evolução da cor com exposição ao intemperismo natural e acelerado. A tabela 1 apresenta os resultados do valor absoluto para os eixos, L^* , a^* e b^* , o que representa a cor desenvolvida em laboratório, sem exposição ao intemperismo.

Tabela 1 – Avaliação do valor absoluto dos eixos cromáticos L^* , a^* e b^* em aplicação em cartela “leneta” – Sem exposição ao intemperismo

COR	TIPO	L^*	a^*	b^*
Cinza Claro	Convencional	74.2	-0.8	-1.8
	"Frio"	72.0	-0.3	-1.6
Cinza Escuro	Convencional	37.8	-0.2	-2.6
	"Frio"	36.4	-0.2	-3.3

A tabela 2 mostra os resultados do valor absoluto para os eixos, L^* , a^* e b^* , representam a cor desenvolvida em laboratório e aplicada em placas de metálicas, que não foram expostas ao intemperismo. Estes valores são usados como referência para o teste de cor comparativo com as pinturas aplicadas em placas metálicas, expostas ao intemperismo acelerado.

Tabela 2 – Avaliação do valor absoluto dos eixos cromáticos L^* , a^* e b^* em aplicação em placas metálicas - Sem exposição ao intemperismo

COR	TIPO	L^*	a^*	b^*
Cinza Claro	Convencional	75.7	-1.0	-2.2
	"Frio"	73.7	-0.3	-1.7
Cinza Escuro	Convencional	38.3	-0.3	-2.8
	"Frio"	37.4	-0.1	-3.6

Na tabela 3 tem-se os resultados do valor absoluto para os eixos, L^* , a^* e b^* , o que representam a cor desenvolvida em laboratório e aplicada em telhas de cerâmica, que não foram expostas ao intemperismo. Estes valores são usados como referência para o teste de cor comparativo com as pinturas aplicadas em telhas de cerâmica, expostas a intemperismo natural.

Tabela 3 – Avaliação do valor absoluto dos eixos cromáticos L^* , a^* e b^* em aplicação em telha cerâmica - Sem exposição ao intemperismo

COR	TIPO	L^*	a^*	b^*
Cinza Claro	Convencional	76.2	-1.0	-2.1
	"Frio"	74.2	-0.5	-2.1
Cinza Escuro	Convencional	38.8	-0.2	-2.6

	"Frio"	37.6	-0.3	-3.4
--	--------	------	------	------

Na tabela 4 tem-se os resultados do valor absoluto para os eixos, L^* , a^* e b^* , o que representam a cor desenvolvida em laboratório e aplicada em telhas de fibrocimento, que não foram expostas ao intemperismo. Estes valores são usados como referência para o teste de cor comparativo com as pinturas aplicadas em telhas de fibrocimento expostas a intemperismo natural.

Tabela 4 – Avaliação do valor absoluto dos eixos cromáticos L^* , a^* e b^* em aplicação em telha fibrocimento - Sem exposição ao intemperismo

COR	TIPO	L^*	a^*	b^*
Cinza Claro	Convencional	73.3	-0.9	-2.1
	"Frio"	73.5	-0.4	-1.8
Cinza Escuro	Convencional	37.2	-0.3	-3.1
	"Frio"	37.9	-0.1	-2.7

As cores apresentaram uma diferença entre os eixos das cromáticas avaliadas, principalmente no eixo L , que representa a luminosidade, mostra-se que a cor desenvolvida com pigmento convencional apresenta valor de medição superior a cor desenvolvida com o “pigmento frio”, isto se justifica, pois, a composição do pigmento preto convencional é diferente do “pigmento frio”. Estes valores são referência para avaliação da evolução da cor ao longo dos testes de intemperismo.

Na tabela 5 os resultados são expressos por delta L , a e b aplicado em cartela leneta, mostra-se a diferença da cor de uma pintura aplicada com o pigmento convencional versus uma pintura aplicado com “pigmento frio”, os valores encontrados representam as pinturas que não foram expostas ao intemperismo, e são usados como referência para o teste comparativo das pinturas que foram expostas ao intemperismo.

Tabela 5 – Determinação do eixo L , a e b em aplicação em cartela “leneta” - Sem exposição ao intemperismo

COR	TIPO	ΔL	Δa	Δb
Cinza Claro	Convencional x "Frio"	-2.4	0.6	0.2
Cinza Escuro	Convencional x "Frio"	-1.4	0.0	0.7

A tabela 6 representa os resultados expressos por delta L , a e b aplicado em placas metálicas, mostra-se a diferença da cor de uma pintura aplicada com o pigmento convencional versus uma pintura aplicado com “pigmento frio”, os valores encontrados representam as pinturas que não foram expostas ao intemperismo, e são usados como referência para o teste comparativo, com as pinturas que foram expostas ao intemperismo.

Tabela 6 – Determinação do eixo L,a e b em aplicação em placas metálicas- Sem exposição ao intemperismo

COR	TIPO	ΔL	Δa	Δb
Cinza Claro	Convencional x "Frio"	-2.2	0.6	0.5
Cinza Escuro	Convencional x "Frio"	-1.1	0.0	-0.9

A tabela 7 mostra os resultados expressos por delta L, a e b aplicado em telhas de cerâmica, mostra-se a diferença da cor de uma pintura aplicada com o pigmento convencional versus uma pintura aplicado com “pigmento frio”, os valores encontrados representam as pinturas que não foram expostos ao intemperismo, e são usados como referência para o teste comparativo, com as pinturas que foram expostas ao intemperismo.

Tabela 7 – Determinação do eixo L,a e b em aplicação em telha de cerâmica - Sem exposição ao intemperismo

COR	TIPO	ΔL	Δa	Δb
Cinza Claro	Convencional x "Frio"	-2.5	0.6	0.1
Cinza Escuro	Convencional x "Frio"	-1.4	-0.1	-0.8

Na tabela 8 os resultados são expressos por delta L, a e b aplicado em telhas de cerâmica, mostra-se a diferença da cor de uma pintura aplicada com o pigmento convencional versus uma pintura aplicado com “pigmento frio”, os valores encontrados representam as pinturas que não foram expostos ao intemperismo, e são usados como referência para o teste comparativo, com as pinturas que foram expostas ao intemperismo.

Tabela 8 – Determinação do eixo L,a e b em aplicação de telha de fibrocimento - Sem exposição ao intemperismo

COR	TIPO	ΔL	Δa	Δb
Cinza Claro	Convencional x "Frio"	-0.3	0.5	0.3
Cinza Escuro	Convencional x "Frio"	1.4	0.1	0.5

Em geral, os resultados para o ensaio de cor para as pinturas que não foram expostas ao intemperismo, mostram que as aplicações das tintas desenvolvidas com pigmento convencional apresentam maior variação no delta L, que representa a luminosidade superior para as tintas desenvolvidas com o pigmento convencional comparadas às tintas desenvolvidas com “pigmento frio”.

Na tabela 9 os resultados são expressos por delta L, a e b aplicado em telhas de cerâmica, mostrando a diferença da cor de uma pintura aplicada com o pigmento

convencional versus uma pintura aplicado com “pigmento frio”, os valores encontrados representam um período de exposição de 6 meses e 1 ano ao intemperismo natural.

Tabela 9 – Determinação do eixo L,a e b em aplicação em telha de cerâmica, expostos no período de 6 meses e 1 ano

COR	TIPO	6 meses			1 ano		
		ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
Cinza Claro	Convencional	-5.8	-0.1	1.0	-2.7	-0.2	0.4
	"Frio"	-0.3	0.0	1.6	-0.8	-0.1	0.6
Cinza Escuro	Convencional	-1.3	-0.2	0.0	-2.0	-0.3	-0.6
	"Frio"	1.2	0.4	0.5	-0.2	0.6	-0.4

A tabela 10 mostra os resultados expressos por delta L, a e b aplicado em telhas de fibrocimento, mostrando a diferença da cor de uma pintura aplicada com o pigmento convencional versus uma pintura aplicado com “pigmento frio”, os valores encontrados representam um período de exposição de 6 meses e 1 ano ao intemperismo natural.

Tabela 10 – Determinação do eixo L,a e b em aplicação em telha de fibrocimento, expostos no período de 6 meses e 1 ano

COR	TIPO	6 meses			1 ano		
		ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
Cinza Claro	Convencional	-2.6	0.0	1.6	0.3	-0.2	1.4
	"Frio"	-0.4	-0.1	1.3	-4.5	0.0	1.5
Cinza Escuro	Convencional	-0.2	0.1	0.0	1.0	-0.2	0.2
	"Frio"	0.0	-0.2	0.4	-0.2	0.3	-0.9

A avaliação do ensaio de cor para as aplicações em telhas com o uso do pigmento convencional e “frio”, em intemperismo natural por um período de 6 meses e 1 ano, mostram a diferença de cor, decorrente a exposição, as aplicações com tintas com o uso do “pigmento frio”, apresentam maior estabilidade de cor, ou seja, o delta L que representa as cores branco e preto, indica que as tintas com “pigmento frio” não sofrem o desbotamento da cor quando comparado com as aplicações com as tintas com o uso do pigmento convencional.

A tabela 11 mostra os resultados expressos por delta L, a e b aplicado em placas metálicas, mostra-se a diferença da cor de uma pintura aplicada com o pigmento convencional versus uma pintura aplicado com “pigmento frio”, os valores encontrados representam um período de exposição de 1000 horas ao intemperismo acelerado.

Tabela 11 – Determinação do eixo L,a e b em aplicação em placas metálicas, expostos 1000 horas

COR	TIPO	1000 horas		
		ΔL	Δa	Δb
Cinza Claro	Convencional	-0.9	-0.3	1.2
	"Frio"	-0.2	-0.3	0.8
Cinza Escuro	Convencional	2.8	-0.5	-0.3
	"Frio"	1.5	0.0	-0.3

Os resultados para o intemperismo acelerado QUV são semelhantes aos resultados do intemperismo natural mostram a diferença de cor, decorrente a degradação do intemperismo acelerado, as aplicações com tintas com o uso do “pigmento frio”, apresentam maior estabilidade de cor, ou seja, o delta L que representa as cores branco e preto, indica que as tintas com “pigmento frio” não sofrem o desbotamento da cor quando comparado com as aplicações com as tintas com o uso do pigmento convencional.

O tempo de exposição do intemperismo acelerado de 1000 horas representa aproximadamente 42 dias, de uma degradação crítica e intensa por ciclos de QUV, simulando danos causados pela sol, chuva e orvalho.

4.2 AVALIAÇÃO DE BRILHO

Avaliação de brilho foi realizada conforme a norma ABNT NBR 15299/2012, que apresenta a medida fotoelétrica da reflexão da luz, incidente no ângulo 60°, diretamente nas superfícies aplicadas.

A tabela 12 representa a determinação de brilho para aplicação em cartela leneta, sem exposição ao intemperismo.

Tabela 12 – Determinação do brilho no ângulo 60° em aplicação em cartela “leneta” - Sem exposição ao intemperismo

BRILHO	TIPO	60°
Cinza Claro	Convencional	40.0
	"Frio"	36.2
Cinza Escuro	Convencional	34.0
	"Frio"	29.4

A tabela 13 representa a determinação de brilho para aplicação em placas metálicas, sem exposição ao intemperismo. Estes valores são usados como referência para comparar os resultados após o período de exposição ao intemperismo acelerado.

Tabela 13 – Determinação do brilho no ângulo 60° em aplicação em placas metálicas - Sem exposição ao intemperismo

BRILHO	TIPO	60°
Cinza Claro	Convencional	79.2
	"Frio"	74.4
Cinza Escuro	Convencional	76.1
	"Frio"	83.3

Na tabela 14 tem-se a determinação de brilho para aplicação em telhas de cerâmica, sem exposição ao intemperismo. Estes valores são usados como referência para comparar os resultados após o período de exposição ao intemperismo natural.

Tabela 14 – Determinação do brilho no ângulo 60° em aplicação em telha cerâmica – Sem exposição ao intemperismo

BRILHO	TIPO	60°
Cinza Claro	Convencional	51.3
	"Frio"	46.6
Cinza Escuro	Convencional	27.0
	"Frio"	51.2

A tabela 15 mostra a avaliação de brilho para aplicação em telhas de fibrocimento, sem exposição ao intemperismo. Estes valores são usados como referência para comparar os resultados após o período de exposição ao intemperismo natural.

Tabela 15 – Determinação do brilho no ângulo 60° em aplicação em telha fibrocimento - Sem exposição ao intemperismo

BRILHO	TIPO	60°
Cinza Claro	Convencional	7.3
	"Frio"	5.7
Cinza Escuro	Convencional	4.0
	"Frio"	1.9

Os resultados de medição do brilho são comparados por substratos, é sabido que o substrato influencia os valores de medição. Em geral, os resultados encontrados são distintos, com variação expressivas, pois a superfície a qual a tinta foi aplicada, interfere na medição do brilho. Esses valores são referência e são comparados com os resultados das medições após exposição ao intemperismo.

A tabela 16 determina o valor de brilho para aplicação em telhas de cerâmica, após um período de exposição ao intemperismo natural de 6 meses e 1 ano.

Tabela 16 – Determinação do brilho no ângulo 60° em aplicação em telha cerâmica – Expostos ao intemperismo natural por 6 meses e 1 ano

		6 meses	1 ano
COR	TIPO	60°	60°
Cinza Claro	Convencional	23.4	12.7
	"Frio"	22.9	13.7
Cinza Escuro	Convencional	30.5	10.6
	"Frio"	33.3	13.7

A tabela 17 mostra o valor de brilho para aplicação em telhas de fibrocimento, após um período de exposição ao intemperismo natural de 6 meses e 1 ano.

Tabela 17 – Determinação do brilho no ângulo 60° em aplicação em telha fibrocimento – Expostos ao intemperismo natural por 6 meses e 1 ano

		6 meses	1 ano
COR	TIPO	60°	60°
Cinza Claro	Convencional	7.8	4.9
	"Frio"	6.1	3.6
Cinza Escuro	Convencional	6.7	4.3
	"Frio"	5.9	2.9

Os valores do ensaio de brilho, apresentam diferentes resultados conforme cada substrato e cor. Em geral, as aplicações com as tintas cinza claro com o uso de “pigmento frio”, apresentaram brilho inferior as aplicações com pigmento convencional, para a cor cinza escura o resultado foi o contrário, as aplicações com o “pigmento frio”, apresentaram brilho superior as aplicações com pigmento convencional.

Na tabela 18 tem-se o valor de brilho para aplicação em placas metálicas, após um período de exposição ao intemperismo acelerado de 1000 horas.

Tabela 18 – Determinação do brilho no ângulo 60° em aplicação em placas metálicas – Expostos ao intemperismo acelerado por 1000 horas

		1000 horas
COR	TIPO	60°
Cinza Claro	Convencional	22.6
	"Frio"	12.4
Cinza Escuro	Convencional	8.8
	"Frio"	8.6

Os resultados para intemperismo acelerado QUV, mostram que as aplicações das tintas com o uso de “pigmento frio”, apresentam brilho levemente inferior as aplicações das tintas com pigmentos convencionais para a cor cinza claro, para a cores cinza escuro os resultados são semelhantes.

4.3 AVALIAÇÃO DE ADERÊNCIA

O teste de aderência foi realizado conforme a norma ABNT NBR 11003/2009, e as tintas foram aplicadas em telhas de cerâmica e fibrocimento, e avaliadas sem exposição e após seis meses e um ano de exposição ao intemperismo natural.

Os resultados para o teste de aderência das pinturas com o uso do pigmento convencional e “frio” foram similares, apresentando boa aderência das tintas nos diferentes substratos.

Após seis meses e um ano de exposição à intemperismo natural, as pinturas apresentaram o mesmo resultado do teste que foram realizados nas pinturas que não foram expostas ao intemperismo, mantendo as propriedades de aderência, sem descolar a tinta do substrato, ou seja, apresentando excelente resistência e adesão aos substratos avaliados.

4.4 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

A avaliação microbiológica, foi feita por meio das diretrizes da norma ABNT NBR15458, foram coletadas amostras das aplicações que não foram expostas ao intemperismo e as que foram expostas ao intemperismo natural, por um período de 1 ano.

A figura 15 ilustra o teste microbiológico da tinta aplicada em telha de cerâmica, com o uso do pigmento convencional e “pigmento frio”, na cor cinza claro, sem exposição ao intemperismo.

Figura 15 - Teste microbiológico da tinta para telha cinza claro, aplicado em telha de cerâmica - Convencional x "Frio" - Sem exposição a intempéries

A figura 16 mostra o teste microbiológico da tinta aplicada em telha de cerâmica, com o uso do pigmento convencional e “pigmento frio”, na cor cinza escuro, sem exposição ao intemperismo.

Figura 16 – Avaliação microbiológica tinta para telha cinza escuro, aplicado em telha de cerâmica - Convencional x "Frio" - sem exposição ao intemperismo

A figura 17 ilustra o teste microbiológico da tinta aplicada em telha de fibrocimento, com o uso do pigmento convencional e “pigmento frio”, na cor cinza claro, sem exposição ao intemperismo.

Figura 17 - Avaliação microbiológica tinta para telha cinza claro, aplicado em telha de fibrocimento - Convencional x "Frio" – sem exposição ao intemperismo

A figura 18 ilustra o teste microbiológico da tinta aplicada em telha de fibrocimento, com o uso do pigmento convencional e “pigmento frio”, na cor cinza escuro, sem exposição ao intemperismo.

Figura 18 – Avaliação microbiológica tinta para telha cinza claro, aplicado em telha de fibrocimento - Convencional x "Frio" – Sem exposição ao intemperismo

Observa-se que nas fotos que as amostras que não foram expostas ao intemperismo natural, não apresentaram contaminação microbiológica.

A figura 19 ilustra o teste microbiológico da tinta aplicada em telha de cerâmica, com o uso do pigmento convencional e “pigmento frio”, na cor cinza claro, expostas 1 ano ao intemperismo natural.

Figura 19 – Teste microbiológico tinta para telha cinza claro, aplicado em telha de cerâmica - Convencional x "Frio" – Exposição 1 ano ao intemperismo natural

A figura 20 ilustra o teste microbiológico da tinta aplicada em telha de cerâmica, com o uso do pigmento convencional e “pigmento frio”, na cor cinza escuro, expostas 1 ano ao intemperismo natural.

Figura 20 – Teste microbiológico tinta para telha cinza escuro, aplicado em telha de cerâmica - Convencional x "Frio" – Exposição 1 ano ao intemperismo natural

A figura 21 mostra o teste microbiológico da tinta aplicada em telha de fibrocimento, com o uso do pigmento convencional e “pigmento frio”, na cor cinza claro, expostas 1 ano ao intemperismo natural.

Figura 21 – Teste microbiológico tinta para telha cinza claro, aplicado em telha de fibrocimento- Convencional x "Frio" – Exposição 1 ano ao intemperismo natural

A figura 22 representa o teste microbiológico da tinta aplicada em telha de fibrocimento, com o uso do pigmento convencional e “pigmento frio”, na cor cinza escuro, expostas 1 ano ao intemperismo natural.

Figura 22 - Teste microbiológico tinta para telha cinza escuro, aplicado em telha de fibrocimento - Convencional x "Frio" – Exposição 1 ano ao intemperismo natural

Após um ano de exposição ao intemperismo natural, as amostras com pigmento convencional apresentaram contaminação microbiológica e as amostras com “pigmento frio”, não apresentaram contaminação microbiológica.

As aplicações com pigmento convencional, apresentaram contaminação por leveduras (FUNGOS), possivelmente, RHODOTORULA, que é um gênero de leveduras pigmentadas unicelulares. É facilmente identificável por colônias distintivas de laranja / vermelho conforme as figuras apresentadas, quando cultivadas em SDA (Agar Dextrose de Sabouraud), que é um tipo de meio de crescimento em ágar, usado para cultivar alguns tipos de fungos. A contaminação está atrelada ao resultado de refletância solar, ou seja, as tintas desenvolvidas com o uso do pigmento convencional apresentaram menor refletância solar quando comparada com as tintas desenvolvidas com o “pigmento frio” que apresentaram maior refletância solar.

4.5 AVALIAÇÃO DE INTEMPERISMO ACELERADO

Para a avaliação de intemperismo acelerado, considerou-se um período de 1000 horas de exposição no equipamento de QUV, as amostras foram aplicadas em placas metálicas.

Após 1000 horas de intemperismo acelerado, observa-se que as pinturas com a tinta desenvolvida com pigmento convencional apresentam um desbotamento da cor maior que as pinturas com as tintas desenvolvidas com o uso do “pigmento frio”.

4.6 AVALIAÇÃO DE INTEMPERISMO NATURAL

A avaliação das amostras submetidas ao intemperismo natural foi realizada após um período 6 meses e 1 ano de exposição.

As figuras 23 e 24, representam a aplicação em telha de cerâmica a primeira ilustra os corpos de prova caracterizado como referência, que não foi exposta ao intemperismo e a outra foi exposta no campo de teste ao intemperismo natural.

Figura 23 - Aspecto dos corpos de prova pintados em telha de fibrocimento, usados como referência - Sem exposição ao intemperismo

Figura 24 - Aspecto dos corpos de prova pintados em telha de fibrocimento, expostos no campo de teste

As figuras 25 e 26, ilustram a aplicação em telha de cerâmica, a primeira mostra os corpos de prova caracterizado como referência, que não foi exposta ao intemperismo e a segunda foi exposta no campo de teste ao intemperismo natural.

Figura 25 - Aspecto dos corpos de prova pintados em telha de cerâmica, usados como referência - Sem exposição ao intemperismo

Figura 26 - Aspecto dos corpos de prova pintados em telha de cerâmica, expostos no campo de teste

A figura 27, representa a aplicação em telha de fibrocimento exposta no campo de teste, por um período de 6 meses de intemperismo natural.

Figura 27 - Aspecto dos corpos de prova pintados em telha de fibrocimento, expostos por 6 meses no campo de teste

A figura 28, representa a aplicação em telha de cerâmica exposta no campo de teste, por um período de 6 meses de intemperismo natural.

Figura 28 - Aspecto dos corpos de prova pintados em telha de cerâmica, expostos por 6 meses no campo de teste

A figura 29, apresenta a aplicação em telha de fibrocimento exposta no campo de teste, por um período de 1 ano de intemperismo natural.

Figura 29 - Aspecto dos corpos de prova pintados em telha fibrocimento, expostos por 1 ano no campo de teste

A figura 30, apresenta a aplicação em telha de cerâmica exposta no campo de teste, por um período de 1 ano de intemperismo natural.

Figura 30 - Aspecto dos corpos de prova pintados em telha de cerâmica, expostos por 1 ano no campo de teste

Os resultados para a avaliação das pinturas antes e após exposição ao intemperismo natural, mostram que as pinturas com a tinta desenvolvida com

pigmento convencional apresentam um desbotamento da cor maior que as pinturas com as tintas desenvolvidas com o uso do “pigmento frio”.

4.7 AVALIAÇÃO DE REFLETÂNCIA SOLAR - “COOLSIM”

O software “CoolSim” pode fornecer os dados de refletância solar em cada comprimento de onda, os valores encontrados são teóricos e foram aplicados após o estudo inicial para estimar a refletância solar das fórmulas propostas, usado como referência para desenvolver as fórmulas e explorar os testes de intemperismo natural e acelerado.

Os resultados teóricos encontrados com o auxílio do software “CoolSim”, mostra a correlação dos valores práticos de refletância solar encontrados no refletômetro.

Com isso, é possível identificar a eficiência do “pigmento frio” em estudo versus o pigmento convencional, por meio dos valores encontrados.

As figuras 31, 32, 33 e 34 representam a correlação da refletância solar das tintas aplicadas em telhas com pigmento convencional e “frio” nas cores cinza claro e escuro, aplicados ao fundo branco e preto, para verificar se a cor do fundo tem influência na cor e no resultado.

A Figura 31 mostra a correlação entre a formulação da tinta com o uso do pigmento convencional e “pigmento frio”, para a cor cinza claro avaliado a refletância solar em um fundo branco.

Figura 31 - Avaliação de refletância solar (%), em fundo branco - Tinta para telha cinza claro

Fonte: Software “CoolSim”

A Figura 32 mostra a correlação entre a formulação da tinta com o uso do pigmento convencional e “pigmento frio” para a cor cinza escuro avaliado a refletância solar em um fundo branco.

Figura 32 - Avaliação de refletância solar (%), em fundo branco - Tinta para telha cinza escuro

Fonte: Software “CoolSim”

4.7 AVALIAÇÃO DE REFLETÂNCIA SOLAR - REFLETÔMETRO

Avaliação foi realizada em um equipamento de refletômetro portátil, com o objetivo de verificar a refletância solar e comparar os resultados com os valores encontrados no software “CoolSim”, considerando-se os valores da avaliação sem exposição ao intemperismo, exposição do intemperismo natural 6 meses e intemperismo acelerado 1000 horas.

Na tabela 19 tem-se a avaliação de refletância solar das aplicações em telhas de cerâmica, na cor cinza claro, expostas 6 meses e 1 ano ao intemperismo natural

Tabela 19 – Avaliação de refletância solar (%), sem exposição e com exposição 6 meses e 1 ano intemperismo natural - Tinta para telha cinza claro, aplicação cerâmica

COR	TIPO	Sem exposição	6 meses	1 ano
Cinza Claro	Convencional	42.0	36.0	38.0
	"Frio"	58.0	53.0	57.0
Cinza Escuro	Convencional	9.0	8.0	8.0
	"Frio"	33.0	29.0	31.0

A tabela 20 mostra a avaliação de refletância solar das aplicações em telhas de fibrocimento, na cor cinza claro, expostas 6 meses e 1 ano ao intemperismo natural.

Tabela 20 – Avaliação de refletância solar (%), sem exposição e com exposição 6 meses e 1 ano intemperismo natural - Tinta para telha cinza claro, aplicação em fibrocimento

COR	TIPO	Sem exposição	6 meses	1 ano
Cinza Claro	Convencional	35.0	35.0	37.0
	"Frio"	53.0	47.0	52.0
Cinza Escuro	Convencional	8.0	7.0	8.0
	"Frio"	25.0	24.0	25.0

A tabela 21 representa a avaliação de refletância solar das aplicações em placas metálicas, na cor cinza claro, expostas 1000 horas em intemperismo acelerado.

Tabela 21 – Avaliação de refletância solar (%), sem exposição ao intemperismo e com exposição 1000 horas intemperismo acelerado - Tinta para telha cinza claro, aplicação em placas metálicas

COR	TIPO	Sem exposição	1000 horas
Cinza Claro	Convencional	42.0	42.0
	"Frio"	54.0	53.0
Cinza Escuro	Convencional	9.0	11.0
	"Frio"	30.0	30.0

Os resultados encontrados são superiores para as aplicações com o “pigmento frio”, pois apresentaram maior refletância solar quando comparadas com as aplicações com pigmento convencional.

Os resultados mostram que as tintas de cor cinza claro são mais refletivas que as tintas de cor cinza escuro.

Os valores encontrados após o período de exposição de 6 meses e 1 ano no intemperismo natural e os valores do teste de intemperismo acelerado de 1000 horas, foram similares aos do ambiente.

A figura 33 representa a avaliação de refletância solar das aplicações em telhas de cerâmica, na cor cinza claro, comparando os valores sem exposição ao intemperismo e com exposição ao intemperismo natural.

Figura 33 - Avaliação de refletância solar, sem exposição ao intemperismo e com exposição ao intemperismo natural - Tinta para telha cinza claro, aplicação em cerâmica

A figura 34 mostra a avaliação de refletância solar das aplicações em telhas de cerâmica, na cor cinza escuro, comparando os valores sem exposição ao intemperismo e com exposição ao intemperismo natural.

Figura 34 - Avaliação de refletância solar, sem exposição ao intemperismo e com exposição ao intemperismo natural - Tinta para telha cinza escuro, aplicação em cerâmica

A figura 35 representa a avaliação de refletância solar das aplicações em telhas de fibrocimento, na cor cinza claro, comparando os valores sem exposição ao intemperismo e com exposição ao intemperismo natural.

Figura 35 – Avaliação de refletância solar, sem exposição ao intemperismo e com exposição ao intemperismo natural - Tinta para telha cinza claro, aplicação em fibrocimento

A figura 36 representa a avaliação de refletância solar das aplicações em telhas de fibrocimento, na cor cinza escuro, comparando os valores sem exposição ao intemperismo e com exposição ao intemperismo natural.

Figura 36 - Avaliação de refletância solar, sem exposição ao intemperismo e com exposição ao intemperismo natural - Tinta para telha cinza escuro,

aplicação em fibrocimento

A figura 39 representa a avaliação de refletância solar das aplicações em placas metálicas, na cor cinza claro, comparando os valores sem exposição ao intemperismo e com exposição ao intemperismo acelerado.

Figura 37 - Avaliação de refletância solar, sem exposição ao intemperismo e com exposição ao intemperismo acelerado - Tinta para telha cinza claro

A figura 40 ilustra avaliação de refletância solar das aplicações em placas metálicas, na cor cinza escuro, comparando os valores sem exposição ao intemperismo e com exposição ao intemperismo acelerado.

Figura 38 - Avaliação de refletância solar, sem exposição ao intemperismo e com exposição ao intemperismo acelerado - Tinta para telha cinza escuro

Os resultados de refletância solar encontrados na avaliação nas pinturas que não foram expostas ao intemperismo, e das pinturas expostas ao intemperismo acelerado e natural são semelhantes, ou seja, as pinturas aplicadas com “pigmento frio”, apresentam refletância solar maior que as pinturas aplicadas com pigmento convencional.

4.8 AVALIAÇÃO COMPARATIVA DE REFLETÂNCIA SOLAR – “COOLSIM”x REFLETÔMETRO

Com o objetivo de correlacionar os resultados de refletância solar encontrados no software “CoolSim”, que representa medição de valores teóricos com os encontrados no refletômetro, que representa a medição de valores práticos.

Para determinar os valores foram feitas médias dos resultados encontrados no estudo, assim, avaliar a refletância solar com o uso do software “CoolSim” e com o uso do refletômetro.

É sabido que os métodos são distintos, porém traduzem o mesmo objetivo, que é identificar a refletância solar por meio de leituras e identificar a influência das tintas aplicadas com o pigmento convencional e “frio”.

A figura 41 mostra um comparativo do estudo de refletância solar para a tinta para telha cinza claro, com os resultados do software “CoolSim”, que são teóricos e os resultados no equipamento refletômetro, que são práticos, para determinar este valor.

Figura 39 - Avaliação de refletância solar, “CoolSim” x Refletômetro - Tinta para telha cinza claro

A figura 42 mostra um comparativo do estudo de refletância solar para a tinta para telha cinza escuro, com os resultados do software “CoolSim”, que são teóricos e os resultados no equipamento refletômetro, que são práticos, para determinar este valor fez-se uma média dos resultados encontrados no estudo.

Figura 40 - Avaliação de refletância solar, “CoolSim” x Refletômetro - Tinta para telha cinza escuro

Pode-se comparar os resultados teóricos encontrados no software “CoolSim”, no início do estudo com os resultados encontrados com a avaliação de refletância solar do equipamento refletômetro. Ambos, indicam a eficiência do “pigmento frio”, quanto ao aumento de refletância solar, quando avaliado frente ao pigmento convencional.

Observa-se que, os resultados encontrados com o software “CoolSim”, tem uma correlação com os resultados de refletância solar expressos pelo equipamento refletômetro, e os resultados de refletância não sofrem grandes variações ao longo do período de exposição ao intemperismo.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos por meio do software “CoolSim”, mostraram que as medições dos valores teóricos de refletância solar para as tintas formuladas com pigmento convencional, o negro de fumo são inferiores aos valores das tintas formuladas com “pigmento frio” Sicopal Black K 0095.

Os resultados de medição práticos representados pelo equipamento refletômetro mostram que as fórmulas com o “pigmento frio” permitem obter superfícies com maior refletância solar.

Os resultados dos testes que foram expostos ao intemperismo natural, no período de 1 ano, sendo avaliado a cada 6 meses e no intemperismo acelerado no período de 1000 horas, mostraram maior resistência e durabilidade das tintas aplicadas nos diferentes substratos e que, o uso do “pigmento frio”, mantém as propriedades refletivas das telhas aplicadas e garante para o ensaio de cor, menor desbotamento das aplicações com o “pigmento frio”.

Para a cor cinza claro, o resultado de brilho foi inferior para as aplicações com “pigmento frio” e para a cor cinza escuro o resultado de brilho foi semelhante as aplicações com os pigmentos convencionais.

O teste de aderência não sofreu alteração das pinturas aplicadas com as tintas desenvolvidas sem exposição ao intemperismo e com exposição ao intemperismo natural, ou seja, apresentaram boa adesão da tinta nos substratos avaliados.

Para a avaliação microbiológica as aplicações nas telhas que não foram expostas ao intemperismo, não apresentaram contaminação microbiológica. As aplicações em telhas que foram expostas a intemperismo natural, por um período de um ano, apresentaram resultados distintos, as aplicações com pigmento convencional apresentaram contaminação por leveduras (FUNGOS) possivelmente, tanto para a cor cinza claro e escuro, como para a telha de cerâmica e fibrocimento. As aplicações em telhas com “pigmento frio”, não apresentaram contaminação, isto deve-se ao valor de refletância solar superior para as tintas com o uso do “pigmento frio”.

Conclui-se que, os resultados comparativos do software “CoolSim” e refletômetro, mostram similaridade nos valores, isto é, as aplicações com as tintas com “pigmento frio”, apresentam maior refletância solar, quando comparadas com as aplicações com as tintas com pigmentos convencionais. E isto se mantém ao longo do tempo de exposição ao intemperismo.

Em geral, as aplicações com o uso do “pigmento frio” apresentaram melhores resultados quando comparados com as aplicações com pigmentos convencionais.

5.1 SUGESTÕES PARA PRÓXIMAS PESQUISAS

Os materiais continuam em exposição ao intemperismo natural, para próximas pesquisas. Para este estudo a única variável foi o pigmento preto, para um próximo estudo será avaliado diferentes tipos de resina para avaliar o comportamento das resinas versus o pigmento convencional e “frio”.

ARTIGO PUBLICADO

SOUZA, Ana Cristina; LOH, Kai - O USO DE “PIGMENTO FRIO” NA FORMULAÇÃO DE TINTAS PARA APLICAÇÃO EM COBERTURAS E FACHADAS - XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGHINETTI, B.C.I. Tintas, suas propriedades e aplicações imobiliárias. Monografia apresentada ao curso de especialização em construção civil da Escola de Engenharia UFMG. Belo Horizonte. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS – **NBR 15575 – 1**: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais, ABNT/CB-02- Comitê Brasileiro de Construção Civil 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS – **NBR 15077** - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação da cor e da diferença de cor por medida instrumental - ABNT/CB-02- Comitê Brasileiro de Construção Civil, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS – **NBR 15299** - Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação de brilho - ABNT/CB-02- Comitê Brasileiro de Construção Civil, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS – **NBR 11003** – Tintas – Determinação de aderência, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS – **NBR 15458** – Tintas – Avaliação microbiológica de tintas, vernizes, complementos, matérias – primas e instalações, 2007.

BASF DISPERSIONS AND PIGMENTS. Paint it cool – Pigments for solar heat management in paints. p. 01 – 12.

BENDIGANAVAL, K. Ashwini; MALSHE, C. Vinod. Infrared reflective inorganic pigments. Índia. 2007 – p. 67 – 79.

CASTRO, A. P. A. S. et al. Medidas de refletância de cores de tintas através de análise espectral. Ambiente Construído. Porto Alegre. v. 3, n. 2. p. 69-73. abr./jun.2003.

DONADIO, A. P. Manual básico sobre tintas. Jan/2011.

FAZENDA, M.R. J. - Tintas e Vernizes Ciência e Tecnologia – Volume 1 – ABRAFATI (Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas). 2003.

FAZENDA, M.R. J. - Tintas Ciência e Tecnologia – 4ª Edição – ABRAFATI (Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas). 2009.

FREDEL, C. M.; SCHABBACH, M. L. – Determinação do índice de refletância solar dos revestimentos cerâmicos. Maio/2015.

GARTLAND, L. Ilhas de calor – Como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. 2008.

HERNÁNDEZ, I.; ÁLVAREZ, G.; XAMÁN, J. Z. J.; SIMÁ, E.A. Thermal performance of reflective materials applied to exterior building components – A review – Energy and Buildings 80. 2014. p. 81 – 105.

IKEMATSU, P. Estudo da refletância e sua influência no comportamento térmico das tintas refletivas e convencionais de cores correspondentes. Dissertação de Mestrado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo. 2007.

JOHN, V. M.; LOH, K.; WERLE, A. P. Pintura à base de cal como alternativa de revestimento frio. Ambiente Construído. Porto Alegre, v. 14, n. 3, p. 149-157, jul./set. 2014.

JOHN, V. M.; LOH, K.; SATO, N.N. M - Estimating thermal performance of cool colored paints - Energy and Buildings – 42 – 2010. p. 17 - 22

LAMBERTS, R. Desempenho térmico de edificações. Aula: 2 – Conforto Térmico. Florianópolis. 2013.

LAMBERTS, R. MELO, P.A; SORGATO, J.M. Análise do método de simulação de desempenho da norma NBR 15575 - XII Encontro Nacional e VIII Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC/ELACAC. Brasília. 2013.

LIBORIO, I.M.S.; LOH, K.; SATO, N.N. M. - Alteração da refletância à radiação solar de tintas pela incorporação de pigmentos cerâmicos “frios”. Encontro Latinoamericano de Edificações e Comunidades Sustentáveis. Curitiba. 2013.

LIBORIO, I.M.S.; LOH, K.; SATO, N.N. M. – Desempenho térmico de tintas frias em componentes de cobertura. XII Encac – Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e VII Elacac – Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído. Brasília. Set/ 2013.

LIBORIO, I.M.S. – Estudo de Durabilidade de Pinturas “Frias” e Convencionais Expostas em Estação de Envelhecimento Natural. Projeto de Pesquisa de Mestrado – Programa de Pós – Graduação em Engenharia Civil – Escola Politécnica. São Paulo. 2014.

LIBORIO, I.M.S.; LOH, K.; SATO, N.N. M. - Use of Functional Particles in Coatings to Improve Thermal Comfort Inside Buildings – 2012.

PALMA, A. O. – Curso básico de colorimetria – BASF – Tintas Automobilísticas. Set / 2000.

PERALTA, G. - Desempenho térmico das telhas: Análise de monitoramento e normalização específica. Dissertação de Mestrado da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo – Departamento de Arquitetura e Urbanismo. São Carlos. 2006.

SANTOS, I. E. – Comparação de métodos para medição de absorvância solar em elementos opacos. Dissertação de Pós – Graduação em Engenharia Civil – Universidade de Santa Catarina. Jun/2013 – Florianópolis.

SAKUNO, M.M. – Análise Colorimétrica – FATEC – Maio / 2010.

TELLES, Q.C. A indústria de tintas no Brasil – Cem anos de cor e história. 1989.

6. APÊNDICE A

A.1. No apêndice A estão as tabelas com resultados de cor, brilho e refletância solar, assim como as médias e o desvio médio das leituras.

Tabela A.22 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, sem exposição – Delta L

	Cinza Claro - Convencional x Cinza Claro "Frio"	Cinza Escuro - Convencional x Cinza Escuro "Frio"
$\Delta L - 1$	-2.36	-1.77
$\Delta L - 2$	-2.52	-1.24
$\Delta L - 3$	-2.58	-1.29
$\Delta L - \text{Média}$	-2.49	-1.43
Desvio Médio	0.08	0.22

Tabela A.23 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, sem exposição– Delta L

	Cinza Claro - Convencional x Cinza Claro "Frio"	Cinza Escuro - Convencional x Cinza Escuro "Frio"
$\Delta L - 1$	-0.04	1.28
$\Delta L - 2$	-0.38	1.19
$\Delta L - 3$	-0.39	1.85
$\Delta L - \text{Média}$	-0.27	1.44
Desvio Médio	0.15	0.27

Tabela A.24 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em cartela leneta, sem exposição– Delta L

	Cinza Claro - Convencional x Cinza Claro "Frio"	Cinza Escuro - Convencional x Cinza Escuro "Frio"
$\Delta L - 1$	-2.38	-1.39
$\Delta L - 2$	-2.23	-1.37
$\Delta L - 3$	-2.48	-1.30
$\Delta L - \text{Média}$	-2.36	-1.35
Desvio Médio	0.09	0.04

Tabela A.25 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em chapa de alumínio, sem exposição – Delta L

Sem exposição ao intemperismo		
	Cinza Claro - Convencional x Cinza Claro "Frio"	Cinza Escuro - Convencional x Cinza Escuro "Frio"
$\Delta L - 1$	-2.27	-1.05
$\Delta L - 2$	-2.22	-1.04
$\Delta L - 3$	-2.00	-1.14
$\Delta L - \text{Média}$	-2.16	-1.08
Desvio Médio	0.11	0.04

Tabela A.26 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, sem exposição – Delta a

	Cinza Claro - Convencional x Cinza Claro "Frio"	Cinza Escuro - Convencional x Cinza Escuro "Frio"
$\Delta a - 1$	0.46	-0.15
$\Delta a - 2$	0.62	-0.03
$\Delta a - 3$	0.64	-0.15
$\Delta a - \text{Média}$	0.57	-0.11
Desvio Médio	0.08	0.05

Tabela A.27 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, sem exposição – Delta a

	Cinza Claro - Convencional x Cinza Claro "Frio"	Cinza Escuro - Convencional x Cinza Escuro "Frio"
$\Delta a - 1$	0.48	0.14
$\Delta a - 2$	0.44	0.27
$\Delta a - 3$	0.51	0.00
$\Delta a - \text{Média}$	0.48	0.14
Desvio Médio	0.02	0.09

Tabela A.28 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em cartela leneta, sem exposição – Delta a

	Cinza Claro - Convencional x Cinza Claro "Frio"	Cinza Escuro - Convencional x Cinza Escuro "Frio"
$\Delta a - 1$	0.61	0.03
$\Delta a - 2$	0.54	0.02
$\Delta a - 3$	0.56	0.01
Δa - Média	0.57	0.02
Desvio Médio	0.03	0.01

Tabela A.29 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, sem exposição – Delta a

Sem exposição ao intemperismo		
	Cinza Claro - Convencional x Cinza Claro "Frio"	Cinza Escuro - Convencional x Cinza Escuro "Frio"
$\Delta a - 1$	0.73	-0.02
$\Delta a - 2$	0.59	-0.01
$\Delta a - 3$	0.61	-0.04
Δa - Média	0.64	-0.02
Desvio Médio	0.06	0.01

Tabela A.30 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, sem exposição – Delta b

Sem exposição ao intemperismo		
	Cinza Claro - Convencional x Cinza Claro "Frio"	Cinza Escuro - Convencional x Cinza Escuro "Frio"
$\Delta a - 1$	0.46	-0.15
$\Delta a - 2$	0.62	-0.03
$\Delta a - 3$	0.64	-0.15
Δa - Média	0.57	-0.11
Desvio Médio	0.08	0.05

Tabela A.31 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, sem exposição – Delta b

Sem exposição ao intemperismo		
	Cinza Claro - Convencional x Cinza Claro "Frio"	Cinza Escuro - Convencional x Cinza Escuro "Frio"
$\Delta a - 1$	0.48	0.14
$\Delta a - 2$	0.44	0.27
$\Delta a - 3$	0.51	0.00
Δa - Média	0.48	0.14
Desvio Médio	0.02	0.09

Tabela A.32 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em cartela leneta, sem exposição– Delta b

Sem exposição ao intemperismo		
	Cinza Claro - Convencional x Cinza Claro "Frio"	Cinza Escuro - Convencional x Cinza Escuro "Frio"
$\Delta a - 1$	0.61	0.03
$\Delta a - 2$	0.54	0.02
$\Delta a - 3$	0.56	0.01
Δa - Média	0.57	0.02
Desvio Médio	0.03	0.01

Tabela A.33 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, sem exposição– Delta b

Sem exposição ao intemperismo		
	Cinza Claro - Convencional x Cinza Claro "Frio"	Cinza Escuro - Convencional x Cinza Escuro "Frio"
$\Delta a - 1$	0.73	-0.02
$\Delta a - 2$	0.59	-0.01
$\Delta a - 3$	0.61	-0.04
Δa - Média	0.64	-0.02
Desvio Médio	0.06	0.01

Tabela A.34 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, sem exposição – Delta C

Sem exposição ao intemperismo		
	Cinza Claro - Convencional x Cinza Claro "Frio"	Cinza Escuro - Convencional x Cinza Escuro "Frio"
$\Delta C - 1$	0.07	-0.76
$\Delta C - 2$	0.15	-0.82
$\Delta C - 3$	0.20	-0.77
$\Delta C - \text{Média}$	0.14	-0.78
Desvio Médio	0.05	0.02

Tabela A.35 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, sem exposição – Delta C

Sem exposição ao intemperismo		
	Cinza Claro - Convencional x Cinza Claro "Frio"	Cinza Escuro - Convencional x Cinza Escuro "Frio"
$\Delta C - 1$	0.24	0.73
$\Delta C - 2$	0.29	0.39
$\Delta C - 3$	0.24	0.39
$\Delta C - \text{Média}$	0.26	0.50
Desvio Médio	0.02	0.15

Tabela A.36 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em cartela leneta, sem exposição – Delta C

Sem exposição ao intemperismo		
	Cinza Claro - Convencional x Cinza Claro "Frio"	Cinza Escuro - Convencional x Cinza Escuro "Frio"
$\Delta C - 1$	0.19	-0.70
$\Delta C - 2$	0.33	-0.66
$\Delta C - 3$	0.01	-0.74
$\Delta C - \text{Média}$	0.18	-0.70
Desvio Médio	0.11	0.03

Tabela A.37 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, sem exposição– Delta C

Sem exposição ao intemperismo		
	Cinza Claro - Convencional x Cinza Claro "Frio"	Cinza Escuro - Convencional x Cinza Escuro "Frio"
$\Delta C - 1$	0.50	-0.92
$\Delta C - 2$	0.43	-0.85
$\Delta C - 3$	0.51	-0.99
$\Delta C - \text{Média}$	0.48	-0.92
Desvio Médio	0.03	0.05

Tabela A.38 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, sem exposição – Delta H

Sem exposição ao intemperismo		
	Cinza Claro - Convencional x Cinza Claro "Frio"	Cinza Escuro - Convencional x Cinza Escuro "Frio"
$\Delta H - 1$	0.48	-0.08
$\Delta H - 2$	0.54	0.03
$\Delta H - 3$	0.55	-0.09
$\Delta H - \text{Média}$	0.52	-0.05
Desvio Médio	0.03	0.05

Tabela A.39 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, sem exposição – Delta H

Sem exposição ao intemperismo		
	Cinza Claro - Convencional x Cinza Claro "Frio"	Cinza Escuro - Convencional x Cinza Escuro "Frio"
$\Delta H - 1$	0.38	0.08
$\Delta H - 2$	0.32	0.25
$\Delta H - 3$	0.41	0.04
$\Delta H - \text{Média}$	0.37	0.12
Desvio Médio	0.03	0.08

Tabela A.40 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em cartela leneta, sem exposição– Delta H

Sem exposição ao intemperismo		
	Cinza Claro - Convencional x Cinza Claro "Frio"	Cinza Escuro - Convencional x Cinza Escuro "Frio"
$\Delta H - 1$	0.52	0.08
$\Delta H - 2$	0.41	0.06
$\Delta H - 3$	0.54	0.06
$\Delta H - \text{Média}$	0.49	0.07
Desvio Médio	0.05	0.01

Tabela A.41 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, sem exposição– Delta H

Sem exposição ao intemperismo		
	Cinza Claro - Convencional x Cinza Claro "Frio"	Cinza Escuro - Convencional x Cinza Escuro "Frio"
$\Delta H - 1$	0.55	0.03
$\Delta H - 2$	0.43	0.04
$\Delta H - 3$	0.43	0.01
$\Delta H - \text{Média}$	0.47	0.03
Desvio Médio	0.05	0.01

Tabela A.42 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, sem exposição– Delta E

Sem exposição ao intemperismo		
	Cinza Claro - Convencional x Cinza Claro "Frio"	Cinza Escuro - Convencional x Cinza Escuro "Frio"
$\Delta E - 1$	2.41	1.40
$\Delta E - 2$	2.60	1.49
$\Delta E - 3$	2.67	1.51
$\Delta E - \text{Média}$	2.56	1.47
Desvio Médio	0.10	0.04

Tabela A.43 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, sem exposição – Delta E

Sem exposição ao intemperismo		
	Cinza Claro - Convencional x Cinza Claro "Frio"	Cinza Escuro - Convencional x Cinza Escuro "Frio"
$\Delta E - 1$	0.54	1.48
$\Delta E - 2$	0.65	1.28
$\Delta E - 3$	0.68	1.89
$\Delta E - \text{Média}$	0.62	1.55
Desvio Médio	0.06	0.23

Tabela A.44 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em cartela leneta, sem exposição – Delta E

Sem exposição ao intemperismo		
	Cinza Claro - Convencional x Cinza Claro "Frio"	Cinza Escuro - Convencional x Cinza Escuro "Frio"
$\Delta E - 1$	1.55	2.46
$\Delta E - 2$	1.52	2.32
$\Delta E - 3$	1.50	2.54
$\Delta E - \text{Média}$	1.52	2.44
Desvio Médio	0.02	0.08

Tabela A.45 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, sem exposição – Delta E

Sem exposição ao intemperismo		
	Cinza Claro - Convencional x Cinza Claro "Frio"	Cinza Escuro - Convencional x Cinza Escuro "Frio"
$\Delta E - 1$	2.44	1.40
$\Delta E - 2$	2.34	1.35
$\Delta E - 3$	2.50	1.51
$\Delta E - \text{Média}$	2.43	1.42
Desvio Médio	0.06	0.06

Tabela A.46 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, após exposição – Delta L

	6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta L - 1$	-5.35	-3.17	-2.08	-0.86
$\Delta L - 2$	-5.85	-3.13	-3.19	-0.75
$\Delta L - 3$	-6.07	-3.01	-2.88	-0.66
$\Delta L - \text{Média}$	-5.76	-3.10	-2.72	-0.76
Desvio Médio	0.27	0.06	0.42	0.07

Tabela A.47 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, após exposição – Delta L

	6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta L - 1$	-3.06	-1.14	-4.14	0.06
$\Delta L - 2$	-2.40	-0.80	-4.39	0.37
$\Delta L - 3$	-2.20	0.83	-4.97	0.43
$\Delta L - \text{Média}$	-2.55	-0.37	-4.50	0.29
Desvio Médio	0.34	0.80	0.31	0.15

Tabela A.48 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, após exposição – Delta a

	6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta a - 1$	-0.05	0.03	-0.15	-0.05
$\Delta a - 2$	-0.09	0.05	-0.15	-0.09
$\Delta a - 3$	-0.10	0.02	-0.15	-0.08
$\Delta a - \text{Média}$	-0.08	0.03	-0.15	-0.07
Desvio Médio	0.02	0.01	0.00	0.02

Tabela A.49 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, após exposição – Delta a

	6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta a - 1$	-0.01	-0.14	-0.13	0.00
$\Delta a - 2$	0.02	-0.17	-0.16	0.03
$\Delta a - 3$	0.00	-0.12	-0.16	0.04
Δa - Média	0.00	-0.14	-0.15	0.02
Desvio Médio	0.01	0.02	0.01	0.02

Tabela A.50 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, após exposição – Delta b

	6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta b - 1$	1.17	1.49	0.32	0.60
$\Delta b - 2$	1.00	1.66	0.47	0.63
$\Delta b - 3$	0.94	1.51	0.36	0.58
Δb - Média	1.04	1.55	0.38	0.60
Desvio Médio	0.09	0.07	0.06	0.02

Tabela A.51 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, após exposição – Delta b

	6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta b - 1$	1.50	1.44	1.49	1.39
$\Delta b - 2$	1.59	1.39	1.34	1.53
$\Delta b - 3$	1.68	1.17	1.30	1.47
Δb - Média	1.59	1.33	1.38	1.46
Desvio Médio	0.06	0.11	0.08	0.05

Tabela A.52 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, após exposição – Delta C

	6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta C - 1$	-0.90	-1.42	-0.21	-0.57
$\Delta C - 2$	-0.76	-1.57	-0.33	-0.58
$\Delta C - 3$	-0.72	-1.43	-0.24	-0.54
$\Delta C - \text{Média}$	-0.79	-1.47	-0.26	-0.56
Desvio Médio	0.07	0.06	0.05	0.02

Tabela A.53 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, após exposição – Delta C

	6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta C - 1$	-1.39	-1.01	-1.10	-1.28
$\Delta C - 2$	-1.46	-0.95	-0.99	-1.40
$\Delta C - 3$	1.48	-0.88	-0.96	-1.37
$\Delta C - \text{Média}$	-0.46	-0.95	-1.02	-1.35
Desvio Médio	1.29	0.04	0.06	0.05

Tabela A.54 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, após exposição – Delta H

	6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta H - 1$	-0.74	-0.46	0.29	-0.20
$\Delta H - 2$	-0.65	-0.54	-0.37	-0.26
$\Delta H - 3$	-0.61	-0.47	-0.31	-0.23
$\Delta H - \text{Média}$	-0.67	-0.49	-0.13	-0.23
Desvio Médio	0.05	0.03	0.28	0.02

Tabela A.55 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, após exposição – Delta H

	6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta H - 1$	0.57	-1.04	-1.02	-0.53
$\Delta H - 2$	-0.63	-1.02	-0.92	-0.60
$\Delta H - 3$	-0.80	-0.77	-0.88	-0.53
$\Delta H - \text{Média}$	-0.29	-0.94	-0.94	-0.55
Desvio Médio	0.57	0.12	0.05	0.03

Tabela A.56 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, após exposição – Delta E

	6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta E - 1$	5.48	3.51	2.11	1.05
$\Delta E - 2$	5.93	3.54	3.23	0.99
$\Delta E - 3$	6.15	3.37	2.90	0.89
$\Delta E - \text{Média}$	5.85	3.47	2.75	0.98
Desvio Médio	0.25	0.07	0.42	0.06

Tabela A.57 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, após exposição – Delta E

	6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta E - 1$	3.41	1.84	4.37	1.50
$\Delta E - 2$	2.88	1.61	4.64	1.40
$\Delta E - 3$	2.77	1.44	5.18	1.38
$\Delta E - \text{Média}$	3.02	1.63	4.73	1.43
Desvio Médio	0.26	0.14	0.30	0.05

Tabela A.58 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, após exposição – Delta L

	6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta L - 1$	-1.42	1.41	-1.69	0.13
$\Delta L - 2$	-1.30	1.12	-2.14	0.30
$\Delta L - 3$	-1.29	1.20	-2.13	-1.02
$\Delta L - \text{Média}$	-1.34	1.24	-1.99	-0.20
Desvio Médio	0.06	0.11	0.20	0.55

Tabela A.59 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, após exposição – Delta L

	6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta L - 1$	-0.33	-0.01	0.96	-0.26
$\Delta L - 2$	-0.09	-0.19	0.85	-0.17
$\Delta L - 3$	-0.26	0.32	1.11	-0.17
$\Delta L - \text{Média}$	-0.23	0.04	0.97	-0.20
Desvio Médio	0.09	0.19	0.09	0.04

Tabela A.60 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, após exposição– Delta a

	6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta a - 1$	-0.20	0.37	-0.29	0.63
$\Delta a - 2$	-0.24	0.41	-0.23	0.62
$\Delta a - 3$	-0.22	0.45	-0.26	0.62
$\Delta a - \text{Média}$	-0.22	0.41	-0.26	0.62
Desvio Médio	0.01	0.03	0.02	0.00

Tabela A.61 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, após exposição – Delta a

	6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta a - 1$	0.07	-0.19	-0.21	0.26
$\Delta a - 2$	0.06	-0.21	-0.20	0.24
$\Delta a - 3$	0.05	-0.20	-0.19	0.25
Δa - Média	0.06	-0.20	-0.20	0.25
Desvio Médio	0.01	0.01	0.01	0.01

Tabela A.62 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, após exposição – Delta b

	6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta b - 1$	-0.11	0.43	-0.65	-0.40
$\Delta b - 2$	0.05	0.49	-0.49	-0.42
$\Delta b - 3$	0.01	0.52	-0.57	-0.33
Δb - Média	-0.02	0.48	-0.57	-0.38
Desvio Médio	0.06	0.03	0.05	0.04

Tabela A.63 – Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, após exposição – Delta b

	6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta b - 1$	0.03	0.32	0.17	-0.75
$\Delta b - 2$	-0.05	0.44	0.23	-0.98
$\Delta b - 3$	0.10	0.41	0.11	-0.95
Δb - Média	0.03	0.39	0.17	-0.89
Desvio Médio	0.05	0.05	0.04	0.10

Tabela A.64 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, após exposição – Delta C

	6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta C - 1$	0.13	-0.44	0.67	0.40
$\Delta C - 2$	-0.02	-0.50	0.51	0.42
$\Delta C - 3$	0.01	-0.53	0.59	0.33
$\Delta C - \text{Média}$	0.04	-0.49	0.59	0.38
Desvio Médio	0.06	0.03	0.05	0.04

Tabela A.65 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, após exposição – Delta C

	6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta C - 1$	-0.03	-0.30	-0.14	0.75
$\Delta C - 2$	0.05	-0.42	-0.20	0.98
$\Delta C - 3$	-0.10	-0.39	-0.09	0.95
$\Delta C - \text{Média}$	-0.03	-0.37	-0.14	0.89
Desvio Médio	0.05	0.05	0.04	0.10

Tabela A.66 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, após exposição – Delta H

	6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta H - 1$	-0.19	0.36	-0.22	0.63
$\Delta H - 2$	-0.24	0.40	-0.18	0.62
$\Delta H - 3$	-0.22	0.44	-0.21	0.62
$\Delta H - \text{Média}$	-0.22	0.40	-0.20	0.62
Desvio Médio	0.02	0.03	0.02	0.00

Tabela A.67 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, após exposição – Delta H

	6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta H - 1$	0.07	-0.22	-0.23	0.26
$\Delta H - 2$	0.06	-0.25	-0.23	0.24
$\Delta H - 3$	0.05	-0.39	-0.20	0.25
$\Delta H - \text{Média}$	0.06	-0.29	-0.22	0.25
Desvio Médio	0.01	0.07	0.01	0.01

Tabela A.22 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, após exposição – Delta E

	6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta E - 1$	1.44	1.52	1.83	0.75
$\Delta E - 2$	1.32	1.29	2.21	0.81
$\Delta E - 3$	1.31	1.38	2.22	1.24
$\Delta E - \text{Média}$	1.36	1.40	2.09	0.93
Desvio Médio	0.06	0.08	0.17	0.20

Tabela A.23 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, após exposição – Delta E

	6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta E - 1$	0.34	0.38	0.99	0.83
$\Delta E - 2$	0.12	0.49	0.90	1.03
$\Delta E - 3$	0.28	0.47	1.13	1.00
$\Delta E - \text{Média}$	0.25	0.45	1.01	0.95
Desvio Médio	0.08	0.04	0.08	0.08

Tabela A.68 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, após exposição - intemperismo acelerado – 1000 horas – Delta L

	1000 horas	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta L - 1$	-0.81	0.30
$\Delta L - 2$	-0.78	0.60
$\Delta L - 3$	-0.96	-0.32
$\Delta L - \text{Média}$	-0.85	0.19
Desvio Médio	0.07	0.34

Tabela A.69 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, após exposição - intemperismo acelerado – 1000 horas – Delta a

	1000 horas	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta a - 1$	-0.28	-0.35
$\Delta a - 2$	-0.30	-0.35
$\Delta a - 3$	-0.28	-0.30
$\Delta a - \text{Média}$	-0.29	-0.33
Desvio Médio	0.01	0.02

Tabela A.70 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, após exposição - intemperismo acelerado – 1000 horas – Delta b

	1000 horas	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta b - 1$	1.17	0.71
$\Delta b - 2$	1.19	0.71
$\Delta b - 3$	1.28	1.02
$\Delta b - \text{Média}$	1.21	0.81
Desvio Médio	0.04	0.14

Tabela A.71 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, após exposição - intemperismo acelerado – 1000 horas – Delta C

	1000 horas	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta C - 1$	-0.80	-0.58
$\Delta C - 2$	-0.79	-0.57
$\Delta C - 3$	-0.87	-0.86
$\Delta C - \text{Média}$	-0.82	-0.67
Desvio Médio	0.03	0.13

Tabela A.72 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, após exposição - intemperismo acelerado – 1000 horas – Delta H

	1000 horas	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta H - 1$	-0.90	-0.52
$\Delta H - 2$	-0.93	-0.55
$\Delta H - 3$	-0.99	-0.62
$\Delta H - \text{Média}$	-0.94	-0.56
Desvio Médio	0.03	0.04

Tabela A.73 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, após exposição - intemperismo acelerado – 1000 horas – Delta E

	1000 horas	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta E - 1$	1.45	0.83
$\Delta E - 2$	1.45	1.01
$\Delta E - 3$	1.63	1.11
$\Delta E - \text{Média}$	1.51	0.98
Desvio Médio	0.08	0.10

Tabela A.74 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, após exposição - intemperismo acelerado – 1000 horas – Delta L

	1000 horas	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta L - 1$	2.77	1.70
$\Delta L - 2$	2.42	1.41
$\Delta L - 3$	3.25	1.44
$\Delta L - \text{Média}$	2.81	1.52
Desvio Médio	0.29	0.12

Tabela A.75 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, após exposição - intemperismo acelerado – 1000 horas – Delta a

	1000 horas	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta a - 1$	-0.47	-0.04
$\Delta a - 2$	-0.43	0.00
$\Delta a - 3$	-0.68	0.00
$\Delta a - \text{Média}$	-0.53	-0.01
Desvio Médio	0.10	0.02

Tabela A.76 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, após exposição - intemperismo acelerado – 1000 horas – Delta b

	1000 horas	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta b - 1$	-0.24	-0.19
$\Delta b - 2$	-0.20	-0.27
$\Delta b - 3$	-0.53	-0.28
$\Delta b - \text{Média}$	-0.32	-0.25
Desvio Médio	0.14	0.04

Tabela A.77 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, após exposição - intemperismo acelerado – 1000 horas – Delta C

	1000 horas	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta C - 1$	0.30	0.19
$\Delta C - 2$	0.16	0.27
$\Delta C - 3$	0.64	0.28
$\Delta C - \text{Média}$	0.37	0.25
Desvio Médio	0.18	0.04

Tabela A.78 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, após exposição - intemperismo acelerado – 1000 horas – Delta H

	1000 horas	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta H - 1$	-0.43	-0.03
$\Delta H - 2$	-0.41	0.00
$\Delta H - 3$	-0.59	0.00
$\Delta H - \text{Média}$	-0.48	-0.01
Desvio Médio	0.08	0.01

Tabela A.79 - Avaliação de cor de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, após exposição - intemperismo acelerado – 1000 horas – Delta E

	1000 horas	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
$\Delta E - 1$	2.82	1.71
$\Delta E - 2$	2.47	1.43
$\Delta E - 3$	3.37	1.47
$\Delta E - \text{Média}$	2.89	1.54
Desvio Médio	0.32	0.12

Tabela A.80 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, sem exposição - 20°UB

	Sem exposição ao intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
20°UB - 1	6.9	4.6
20°UB - 2	6.5	4.0
20°UB - 3	6.6	4.8
20°UB - Média	6.7	4.5
Desvio Médio	0.16	0.31

Tabela A.81 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, sem exposição – 20°UB

	Sem exposição ao intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
20°UB - 1	1.0	1.0
20°UB - 2	1.2	1.1
20°UB - 3	1.2	0.8
20°UB - Média	1.1	1.0
Desvio Médio	0.09	0.11

Tabela A.82 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em cartela leneta, sem exposição – 20°UB

	Sem exposição ao intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
20°UB - 1	8.3	7.1
20°UB - 2	8.5	7.1
20°UB - 3	8.7	6.6
20°UB - Média	8.5	6.9
Desvio Médio	0.13	0.22

Tabela A.83 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, sem exposição – 20°UB

	Sem exposição ao intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
20°UB - 1	41.8	32.7
20°UB - 2	41.1	31.6
20°UB - 3	41.0	31.4
20°UB - Média	41.3	31.9
Desvio Médio	0.33	0.53

Tabela A.84 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, sem exposição – 60°UB

	Sem exposição ao intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
60°UB - 1	51.7	47.8
60°UB - 2	51.7	46.1
60°UB - 3	50.6	46.0
60°UB - Média	51.3	46.6
Desvio Médio	0.49	0.78

Tabela A.85 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, sem exposição – 60°UB

	Sem exposição ao intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
60°UB - 1	6.8	6.7
60°UB - 2	7.6	6.1
60°UB - 3	7.6	4.3
60°UB - Média	7.3	5.7
Desvio Médio	0.36	0.93

Tabela A.86 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em cartela leneta, sem exposição – 60°UB

	Sem exposição ao intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
60°UB - 1	40.1	37.5
60°UB - 2	39.8	36.7
60°UB - 3	40.0	34.5
60°UB - Média	40.0	36.2
Desvio Médio	0.11	1.16

Tabela A.87 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, sem exposição – 60°UB

	Sem exposição ao intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
60°UB - 1	79.7	75.2
60°UB - 2	79.6	74.4
60°UB - 3	78.2	73.7
60°UB - Média	79.2	74.4
Desvio Médio	0.64	0.51

Tabela A.88 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, sem exposição – 85°UB

	Sem exposição ao intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
85°UB - 1	50.6	52.1
85°UB - 2	52.5	54.3
85°UB - 3	51.3	49.3
85°UB - Média	51.5	51.9
Desvio Médio	0.69	1.73

Tabela A.89 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, sem exposição – 85°UB

	Sem exposição ao intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
85°UB - 1	4.6	8.8
85°UB - 2	4.8	8.9
85°UB - 3	5.3	6.9
85°UB - Média	4.9	8.2
Desvio Médio	0.27	0.87

Tabela A.90 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em cartela leneta, sem exposição – 85°UB

	Sem exposição ao intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
85°UB - 1	44.9	47.2
85°UB - 2	47.8	44.5
85°UB - 3	46.3	42.0
85°UB - Média	46.3	44.6
Desvio Médio	0.98	1.76

Tabela A.91 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, sem exposição – 85°UB

	Sem exposição ao intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
85°UB - 1	95.1	93.8
85°UB - 2	94.7	92.6
85°UB - 3	93.1	91.6
85°UB - Média	94.3	92.7
Desvio Médio	0.80	0.76

Tabela A.92 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, sem exposição – 20ºUB

	Sem exposição ao intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
20ºUB - 1	3.2	6.4
20ºUB - 2	2.4	6.0
20ºUB - 3	2.7	6.0
20ºUB - Média	2.8	6.1
Desvio Médio	0.29	0.18

Tabela A.93 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, sem exposição– 20ºUB

	Sem exposição ao intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
20ºUB - 1	0.4	0.3
20ºUB - 2	0.4	0.2
20ºUB - 3	0.4	0.3
20ºUB - Média	0.4	0.3
Desvio Médio	0.00	0.04

Tabela A.94 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em cartela leneta, sem exposição – 20ºUB

	Sem exposição ao intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
20ºUB - 1	6.6	5.2
20ºUB - 2	7.1	4.6
20ºUB - 3	6.2	5.2
20ºUB - Média	6.6	5.0
Desvio Médio	0.31	0.27

Tabela A.95 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, sem exposição – 20°UB

	Sem exposição ao intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
20°UB - 1	36.8	53.9
20°UB - 2	35.7	54.6
20°UB - 3	37.4	54.8
20°UB - Média	36.6	54.4
Desvio Médio	0.62	0.36

Tabela A.96 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, sem exposição – 60°UB

	Sem exposição ao intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
60°UB - 1	30.5	51.6
60°UB - 2	26.2	52.6
60°UB - 3	24.4	49.3
60°UB - Média	27.0	51.2
Desvio Médio	2.31	1.24

Tabela A.97 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, sem exposição – 60°UB

	Sem exposição ao intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
60°UB - 1	4.2	1.6
60°UB - 2	3.9	1.9
60°UB - 3	4.0	2.3
60°UB - Média	4.0	1.9
Desvio Médio	0.11	0.24

Tabela A.98 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em cartela leneta, sem exposição – 60°UB

	Sem exposição ao intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
60°UB - 1	34.1	29.6
60°UB - 2	35.2	28.7
60°UB - 3	32.7	30.0
60°UB - Média	34.0	29.4
Desvio Médio	0.87	0.49

Tabela A.99 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas de alumínio, sem exposição – 60°UB

	Sem exposição ao intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
60°UB - 1	76.2	83.1
60°UB - 2	76.3	83.0
60°UB - 3	75.9	83.8
60°UB - Média	76.1	83.3
Desvio Médio	0.16	0.33

Tabela A.100 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, sem exposição – 85°UB

	Sem exposição ao intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
85°UB - 1	40.9	57.6
85°UB - 2	37.8	57.0
85°UB - 3	35.7	55.0
85°UB - Média	38.1	56.5
Desvio Médio	1.84	1.02

Tabela A.101 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, sem exposição – 85°UB

	Sem exposição ao intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
85°UB - 1	5.7	1.7
85°UB - 2	6.0	1.9
85°UB - 3	5.7	3.1
85°UB - Média	5.8	2.2
Desvio Médio	0.13	0.58

Tabela A.102 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em cartela leneta, sem exposição – 85°UB

	Sem exposição ao intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
85°UB - 1	43.2	40.5
85°UB - 2	41.1	40.6
85°UB - 3	39.5	41.1
85°UB - Média	41.3	40.7
Desvio Médio	1.29	0.24

Tabela A.103 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, sem exposição – 85°UB

	Sem exposição ao intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
85°UB - 1	90.7	91.8
85°UB - 2	91.0	91.0
85°UB - 3	90.7	94.2
85°UB - Média	90.8	92.3
Desvio Médio	0.13	1.24

Tabela A.104 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, com exposição – 20°UB

	6 meses		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
20°UB - 1	2.8	2.3	1.1	1.2
20°UB - 2	2.9	2.4	0.9	1.1
20°UB- 3	2.6	2.4	1.0	1.2
20° UB - Média	2.8	2.4	1.0	1.2
Desvio Médio	0.11	0.04	0.1	0.0

Tabela A.105 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, com exposição – 20°UB

	6 meses		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
20°UB - 1	1.2	0.9	0.8	0.8
20°UB - 2	1.0	0.9	0.9	0.8
20°UB- 3	1.2	1.0	0.8	0.8
20° UB - Média	1.1	0.9	0.8	0.8
Desvio Médio	0.09	0.04	0.0	0.0

Tabela A.106 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, com exposição - intemperismo acelerado - 1000 horas – 20°UB

	1000 horas	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
20°UB - 1	1.3	0.8
20°UB - 2	1.3	0.8
20°UB- 3	1.5	0.8
20° UB - Média	1.4	0.8
Desvio Médio	0.09	0.00

Tabela A.107 - Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, com exposição – 60°UB

	6 meses		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
60°UB - 1	24.4	23.7	13.0	13.9
60°UB - 2	23.8	22.6	12.6	13.5
60°UB - 3	21.9	22.4	12.6	13.8
60°UB - Média	23.4	22.9	12.7	13.7
Desvio Médio	0.98	0.53	0.2	0.2

Tabela A.108 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, com exposição – 60°UB

	6 meses		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
60°UB - 1	7.9	5.6	4.1	4.1
60°UB - 2	6.1	6.4	6.0	4.1
60°UB - 3	9.3	6.4	4.6	2.5
60°UB - Média	7.8	6.1	4.9	3.6
Desvio Médio	1.11	0.36	0.7	0.7

Tabela A.109 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, com exposição - intemperismo acelerado - 1000 horas – 60°UB

	1000 horas	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
60°UB - 1	20.3	12.3
60°UB - 2	23.6	13.4
60°UB - 3	23.9	11.5
60°UB - Média	22.6	12.4
Desvio Médio	1.53	0.67

Tabela A.110 - Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, com exposição – 85°UB

	6 meses		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
85°UB - 1	25.7	29.7	23.1	22.7
85°UB - 2	25.4	31.1	27.4	22.9
85°UB - 3	23.4	32.1	25.6	22.0
85°UB - Média	24.8	31.0	25.4	22.5
Desvio Médio	0.96	0.84	1.5	0.4

Tabela A.111 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, com exposição – 85°UB

	6 meses		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
85°UB - 1	10.2	5.4	4.5	2.3
85°UB - 2	7.5	8.0	5.3	3.9
85°UB - 3	9.7	8.0	5.0	0.6
85°UB - Média	9.1	7.1	4.9	2.3
Desvio Médio	1.09	1.16	0.3	1.1

Tabela A.112 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, com exposição - intemperismo acelerado - 1000 horas – 85°UB

	1000 horas	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
85°UB - 1	70.5	67.3
85°UB - 2	72.9	67.9
85°UB - 3	72.7	65.8
85°UB - Média	72.0	67.0
Desvio Médio	1.02	0.80

Tabela A.113 - Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, com exposição – 20°UB

	6 meses		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
20°UB - 1	3.3	4.5	0.4	0.4
20°UB - 2	3.4	4.5	0.4	0.5
20°UB- 3	3.2	3.9	0.5	0.5
20° UB - Média	3.3	4.3	0.4	0.5
Desvio Médio	0.07	0.27	0.0	0.0

Tabela A.114 - Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, com exposição – 20°UB

	6 meses		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
20°UB - 1	0.9	0.7	0.3	0.3
20°UB - 2	0.9	0.6	0.4	0.3
20°UB- 3	0.9	0.5	0.4	0.4
20° UB - Média	0.9	0.6	0.4	0.3
Desvio Médio	0.00	0.07	0.0	0.0

Tabela A.115 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, com exposição - intemperismo acelerado - 1000 horas – 20°UB

	1000 horas	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
20°UB - 1	0.6	0.4
20°UB - 2	0.5	0.4
20°UB- 3	0.5	0.4
20° UB - Média	0.5	0.4
Desvio Médio	0.04	0.00

Tabela A.116 - Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, com exposição – 60°UB

	6 meses		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
60°UB - 1	30.7	34.0	8.9	12.2
60°UB - 2	30.1	33.8	10.3	14.3
60°UB - 3	30.8	32.1	12.7	14.5
60°UB - Média	30.5	33.3	10.6	13.7
Desvio Médio	0.29	0.80	1.4	1.0

Tabela A.117 - Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, com exposição – 60°UB

	6 meses		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
60°UB - 1	9.0	6.1	3.9	3.2
60°UB - 2	1.3	6.0	4.5	2.9
60°UB - 3	9.9	5.5	4.4	2.7
60°UB - Média	6.7	5.9	4.3	2.9
Desvio Médio	3.62	0.24	0.2	0.2

Tabela A.118 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, com exposição - intemperismo acelerado - 1000 horas – 60°UB

	1000 horas	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
60°UB - 1	8.9	8.8
60°UB - 2	8.5	9.1
60°UB - 3	8.9	8.0
60°UB - Média	8.8	8.6
Desvio Médio	0.18	0.42

Tabela A.119 - Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de cerâmica, com exposição – 85°UB

	6 meses		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
85°UB - 1	33.6	31.4	33.1	31.6
85°UB - 2	31.2	33.5	32.8	34.7
85°UB - 3	33.6	39.7	38.1	32.5
85°UB - Média	32.8	34.9	34.7	32.9
Desvio Médio	1.07	3.22	2.3	1.2

Tabela A.120 - Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em telha de fibrocimento, com exposição – 85°UB

	6 meses		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
85°UB - 1	12.8	4.9	5.7	2.3
85°UB - 2	13.5	4.9	2.8	2.8
85°UB - 3	13.0	5.1	3.0	1.7
85°UB - Média	13.1	5.0	3.8	2.3
Desvio Médio	0.27	0.09	1.2	0.4

Tabela A.121 – Avaliação de brilho de pinturas convencional e “fria” aplicadas em placas metálicas, com exposição - intemperismo acelerado - 1000 horas – 85°UB

	1000 horas	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
85°UB - 1	61.1	29.5
85°UB - 2	67.3	32.9
85°UB - 3	61.6	39.1
85°UB - Média	63.3	33.8
Desvio Médio	2.64	3.51

Tabela A.122 – Avaliação de refletância solar (%) de pinturas convencional e “fria” em telha de cerâmica, com exposição – Cinza Claro

Resultados	Sem exposição ao intemperismo		6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
1ª	41	59	36	55	38	57
2ª	41	59	36	53	38	58
3ª	42	58	34	53	38	57
4ª	41	59	35	52	38	57
5ª	42	58	37	54	38	57
6ª	42	58	36	53	38	57
Desvio	1	1	1	1	0	0
Médio						

Tabela A.123 – Avaliação de refletância solar (%) de pinturas convencional e “fria” em telha de fibrocimento, com exposição – Cinza Claro

Resultados	Sem exposição ao intemperismo		6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
1ª	37	53	36	50	36	52
2ª	36	52	36	51	37	51
3ª	36	52	36	50	36	52
4ª	36	52	36	48	37	51
5ª	36	53	34	49	36	52
6ª	35	53	35	47	37	52
Desvio	0	1	1	1	0	0
Médio						

Tabela A.124 – Avaliação de refletância solar (%) de pinturas convencional e “fria” em telha de cerâmica, com exposição – Cinza Escuro

Resultados	Sem exposição ao intemperismo		6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
1ª	9	32	8	28	8	31
2ª	9	33	8	28	8	30
3ª	9	33	8	29	8	30
4ª	9	32	8	28	8	31
5ª	9	33	8	29	8	31
6ª	9	33	8	29	8	31
Desvio	0	0	0	0	0	0
Médio						

Tabela A.125 – Avaliação de refletância solar (%) de pinturas convencional e “fria” em telha de fibrocimento, com exposição

Resultados	Sem exposição ao intemperismo		6 meses de intemperismo		1 ano de intemperismo	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
1ª	7	24	8	24	9	24
2ª	8	24	8	23	9	24
3ª	8	25	8	24	8	24
4ª	8	24	7	24	8	25
5ª	8	24	7	23	8	25
6ª	8	25	7	24	8	25
Desvio Médio	0	0	1	0	0	0

Tabela A.126 – Avaliação de refletância solar (%) de pinturas convencional e “fria” em placas metálicas, sem e com exposição – Cinza Claro

Resultados	Sem exposição ao intemperismo		1000 horas	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
1ª	42	53	41	53
2ª	42	53	41	53
3ª	42	54	41	53
4ª	42	54	42	53
5ª	42	54	41	53
6ª	42	54	42	53
Desvio Médio	0	0	0	0

Tabela A.127 - Avaliação de refletância solar (%) de pinturas convencional e “fria” em placas metálicas, sem e com exposição – Cinza Escuro

Resultados	Sem exposição ao intemperismo		1000 horas	
	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"	Pigmento Convencional	"Pigmento Frio"
1ª	9	30	11	30
2ª	9	30	11	30
3ª	9	30	11	30
4ª	9	30	11	30
5ª	9	30	10	30
6ª	9	30	11	30
Desvio Médio	0	0	0	0