

# ESTUDO DA INFLUÊNCIA DAS INTEMPÉRIES SOBRE AS PROPRIEDADES TÉRMICAS DE TINTAS “FRIAS” COLORIDAS

Nathalia Cabral Penteado <sup>1</sup>; Heloísa Cristina Fernandes Cordon <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aluna de Iniciação Científica da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT);

<sup>2</sup> Professora da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT).

**Resumo.** *Este trabalho de iniciação científica analisou o efeito do tempo nas propriedades térmicas de tintas “frias” para telhas disponíveis no mercado brasileiro e investigou sua durabilidade frente à ação de intempéries através de ensaios de envelhecimento acelerado. A utilização deste tipo de tinta na cobertura das residências e prédios traz como principal vantagem a redução do calor ambiente, tanto externo quanto interno, levando à redução da energia requerida para o condicionamento do ar interno e contribuindo para a mitigação do fenômeno das ilhas de calor nos grandes centros urbanos. As tintas refletivas analisadas não sofreram perdas significativas de suas propriedades térmicas como relatado na literatura para ensaios de exposição a intempéries, mostrando que o principal fator que influencia na perda destas propriedades é a presença de sujidades e não o efeito combinado de umidade e calor.*

## Introdução

A urbanização desenfreada causada pelo crescimento populacional acelerado nas grandes cidades, somado ao aquecimento global, causa diversos danos ambientais. Entre eles, destaca-se o fenômeno das ilhas de calor (SYNNEFA *et al.*, 2006; MIRZAEI; HAGHIGHAT, 2010), que são caracterizadas pela elevada variação de temperatura que ocorre entre os centros urbanos e suas vizinhanças não urbanizadas. A alta densidade de prédios e estruturas urbanas, o uso de materiais com alta absorção de calor e a falta de vegetação, são fatores que contribuem fortemente para a ocorrência deste fenômeno. Do ponto de vista das construções, uma contribuição relevante para a atenuação do problema é a utilização de materiais para fachadas, telhados e pavimentos, que impeçam a absorção de calor, evitando, assim, a concentração da energia térmica e contribuindo para a redução do calor ambiente, tanto interno quanto externo, (AKBARI *et al.*, 2005; SYNNEFA *et al.*, 2006; MIRZAEI; HAGHIGHAT, 2010; CBCS, 2011; SHEN *et al.*, 2011). Estes materiais, denominados materiais “frios”, devem ser capazes de refletir uma parcela significativa da radiação solar em tais elementos (CBCS, 2011). Dessa forma, a utilização de tintas para revestimento de fachadas e telhados que apresentem alta refletância solar e alta emitância de infravermelho torna-se atrativo para o equacionamento desta questão.

Como o albedo<sup>1</sup> destes materiais é reduzido pelos efeitos causados por intempéries e tempo de utilização, tornam-se necessárias limpeza e manutenção periódicas para garantia da eficácia requerida. Portanto, deve-se considerar não somente a refletância solar inicial do material desenvolvido como também o comportamento desta propriedade durante sua vida útil (BRETZ *et al.*, 1998), garantindo sua durabilidade e evitando problemas econômicos e ambientais.

## Materiais e Métodos

Três tintas brancas de base acrílica, indicadas pelo fabricante para utilização em ambientes externos como fachadas e telhados, foram submetidas às análises. Duas delas

---

<sup>1</sup> Taha *et al.* (1988) definem albedo como a relação entre as radiações refletida e incidente em uma superfície, sobre todos os comprimentos de onda do espectro solar. Por considerar todas as possíveis direções de incidência e reflexão da radiação, o albedo é considerado uma refletividade efetiva do ambiente.

contêm pigmentos refletivos, denominadas aqui Refletiva 01 e Refletiva 02, e uma é convencional, denominada Convencional, utilizada para efeito de comparação. As tintas foram aplicadas sobre placas de alumínio com dimensões de 0,07 x 0,20 m, o que pode ser visto na Figura 1, de acordo com as normas ASTM<sup>2</sup> G153 e D5031. Para cada tinta foram produzidos dois corpos de prova. Após 24 horas da aplicação no substrato, para secagem completa das tintas, determinaram-se os valores iniciais de brilho e refletância. Em seguida, as amostras foram colocadas no *Carbon Arc Light Apparatus*, para a realização do ensaio de envelhecimento acelerado.



Figura 1 – Placa de alumínio utilizada para aplicação das tintas.

Os corpos de prova foram submetidos a quatro ciclos alternados de molhagem e secagem, sendo os dois primeiros com duração de 150 horas e os dois últimos de 300 horas, completando 900 horas de exposição. Após cada ciclo foram realizadas novas medições de brilho e refletância. O brilho foi determinado em um aparelho *Elcometer Microgloss 60°* e a refletância por um colorímetro. No colorímetro, foi utilizado o iluminante  $D_{65}$ <sup>3</sup> e o observador  $10^\circ$  CIE<sup>4</sup>. No colorímetro também foi feita a análise da cor das superfícies das amostras para fins comparativos.

## Resultados e Discussão

A Figura 2 e a Figura 3 apresentam os resultados de refletância e brilho em função do tempo de exposição. Observa-se uma ligeira redução na refletância para todas as tintas após os ciclos. O brilho se comportou de maneira semelhante à refletância para as tintas refletivas. Já na tinta convencional, pode ser observado um aumento no brilho após os primeiros ciclos, entretanto este valor diminui já no ciclo de 600 horas.

---

<sup>2</sup> As duas normas citadas se referem à exposição de materiais no *Carbon Arc Light Apparatus*. A segunda norma determina que a aplicação das tintas no substrato deve seguir as instruções do fabricante.

<sup>3</sup> Iluminantes são definidos através de uma distribuição energética espectral, ou seja, é um padrão matemático que representa uma fonte luminosa. O iluminante  $D_{65}$  foi definido pela média da luz do dia ao redor do mundo. Como não existe nenhuma fonte real de luz que tenha essa característica, é denominado iluminante (ABRAFATI,1995).

<sup>4</sup> O observador  $10^\circ$  CIE foi escolhido, pois suas características são mais próximas aos olhos humanos do que o outro tipo de observador também definido pela CIE, *Comission Internationale de l'Eclairage* (ABRAFATI,1995).

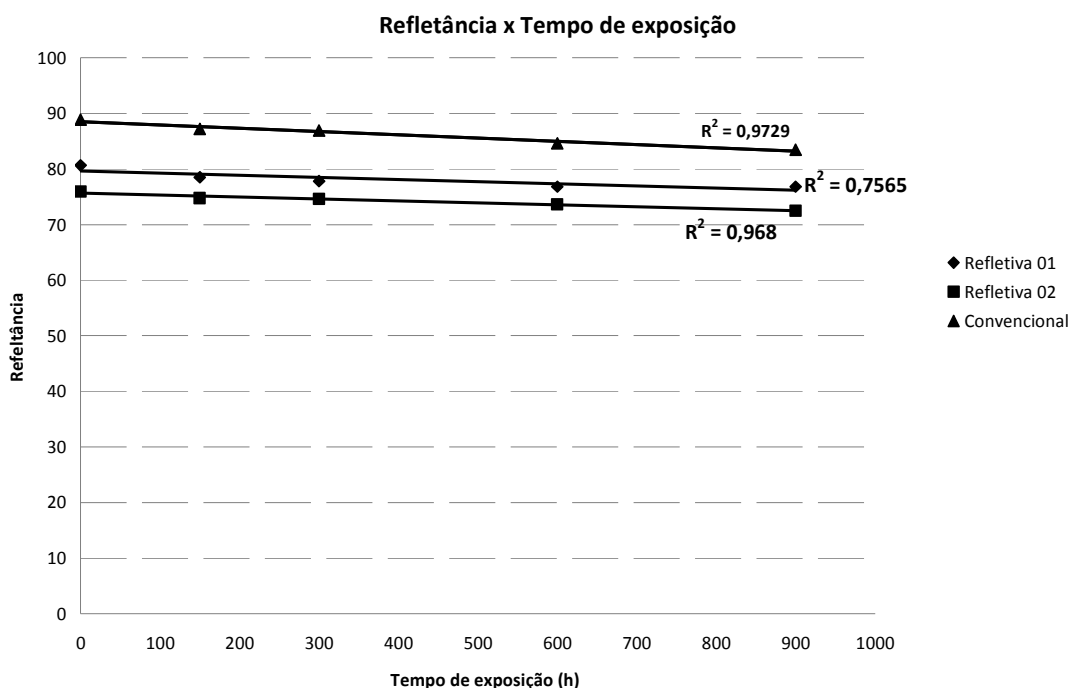


Figura 2 – Gráfico de Refletância x Tempo de exposição.

Ao contrário do esperado, a maior refletância ocorreu na tinta Convencional, o que pode ser explicado pelo maior brilho apresentado por esta tinta. Outra explicação encontrada para o fato é que as tintas refletivas são caracterizadas pelo aumento na refletância fora do espectro visível, e a medição feita neste artigo refere-se, apenas, ao espectro visível. A perda de refletância a cada ciclo não se mostrou significativa em nenhuma das amostras, indicando que a maior influência sobre a perda da refletância é causada pela deposição de sujidades quando da exposição às intempéries, como afirma Synnefa *et al.* (2007), o que não acontece no ensaio de envelhecimento acelerado.

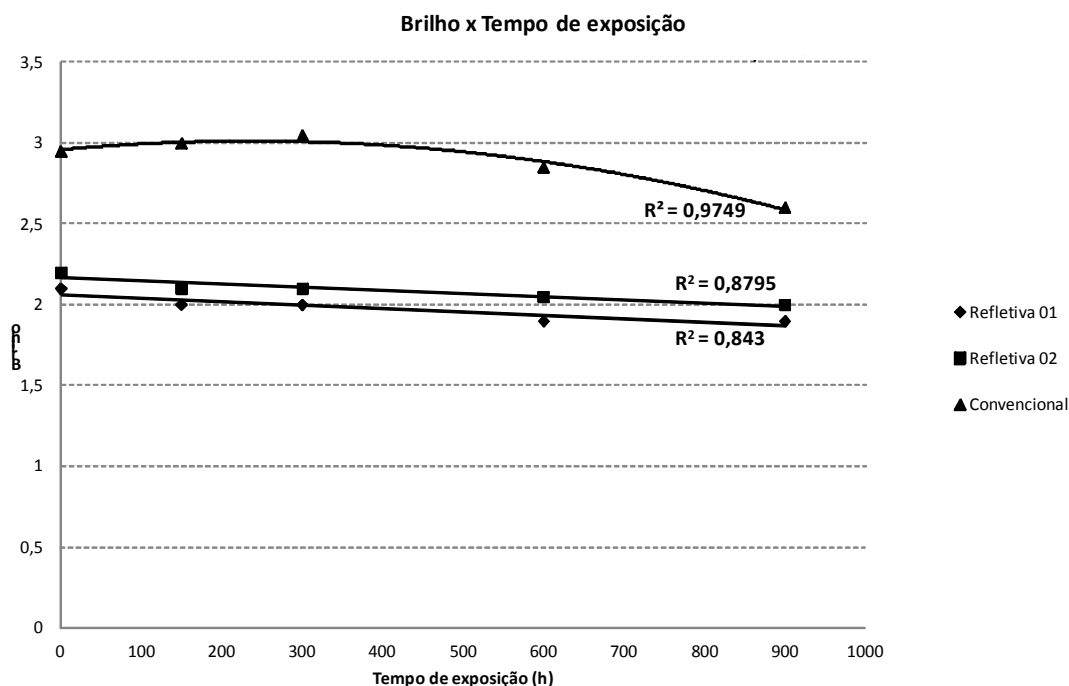


Figura 3 – Gráfico de Brilho x Tempo de exposição.

Percebe-se que, para as tintas refletivas, o brilho decresce a cada análise, o que pode ser explicado pela possível degradação causada pelos ciclos de molhagem e secagem das

tintas. Já a tinta convencional se comportou de maneira muito diferente das outras. Esta teve um aumento no brilho nas primeiras análises, fato que não foi explicado. Entretanto, na quarta medição pode-se observar uma queda no brilho e, após este ciclo, a tinta se comportou de maneira similar às outras duas tintas analisadas. O comportamento desta última pode ser associado a uma função exponencial.

No gráfico da Figura 4 observa-se uma relação linear entre o brilho e a refletância nas tintas refletivas, sendo novamente diferente o comportamento da tinta convencional em relação às tintas refletivas. Nesta, o brilho não varia de maneira linear, o que é indicado pelo baixo valor de  $R^2$ .

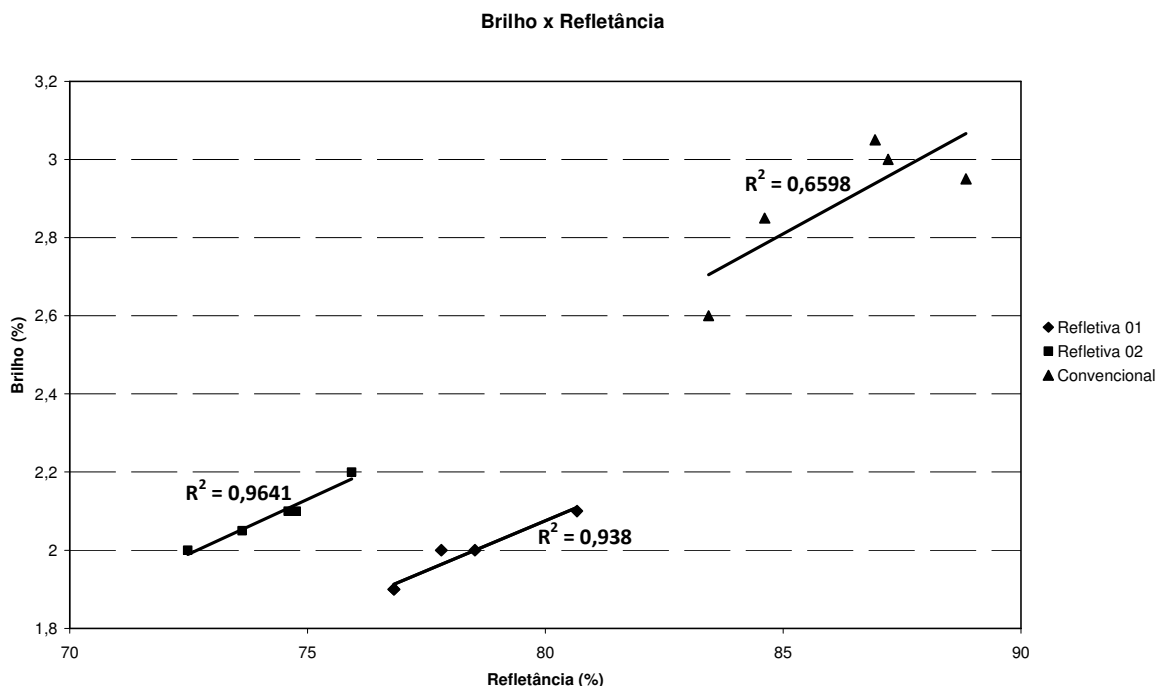


Figura 4 – Gráfico de Brilho x Refletância.

Através da análise da Tabela 1, pode-se notar que, apesar de as tintas Refletivas possuírem menor refletância tanto no início quanto no fim da análise, elas foram menos afetadas pelos ciclos de molhagem e secagem em comparação à Tinta Convencional, o que é indicado pela menor alteração percentual na refletância.

Tabela 1 – Percentual de perda de refletância.

Tinta	Refletância Inicial	Refletância Final	Perda (%)
Refletiva 01	80,66	76,42	5,26
Refletiva 02	75,93	72,48	4,54
Convencional	88,85	83,43	6,10

Outra variação notada depois de transcorridas 900 horas de ciclos de molhagem e secagem foi o amarelamento das tintas, fator este que pode ser percebido pelo aumento no valor de  $b^*$  encontrados na medição de cor no sistema LAB<sup>5</sup>, da CIE, e indicados na Tabela 2. Nesta, também é possível notar um leve escurecimento das tintas, indicado pelo menor valor de  $L^*$  no final das análises. Ambas as variações podem ser explicadas por possíveis alterações causadas pelos ciclos nas tintas.

<sup>5</sup> O sistema CIELAB, ou  $L^*a^*b^*$ , da CIE, é um modelo de medição de cor. Nele, o  $L^*$  representa a luminosidade, sendo esta analisada numa escala de 0 a 100. Nesta, quanto mais branca for a superfície, mais próximo o valor será de 100. O  $a^*$  representa a proximidade ao verde ou ao vermelho. Valores negativos de  $a^*$  representam a proximidade ao verde. Valores positivos, ao vermelho. Já o  $b^*$  representa a proximidade ao azul ou ao amarelo. Valores negativos de  $b^*$  representam a proximidade ao azul. Valores positivos, ao amarelo.

Tabela 2 – Comparação dos valores das coordenadas no sistema L\*a\*b.

Tinta	Valores Iniciais			Valores Finais		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Refletiva 01	91,98	- 0,396	3,388	90,24	-0,373	5,812
Refletiva 02	89,83	- 0,172	3,603	88,20	-0,246	7,202
Convencional	95,52	- 0,658	2,364	93,20	-0,640	5,945

Os dados indicados na Tabela 2 foram comparados, obtendo assim a Tabela 3. Com a análise desta, é possível perceber que, assim como ocorrido com a refletância, a tinta Convencional novamente teve maior alteração percentual nas propriedades analisadas que as tintas Refletivas.

Tabela 3 – Variação dos valores de L\* e b\*

Tinta	Variação de L* (%) <sup>6</sup>	Variação de b* (%) <sup>7</sup>
Refletiva 01	1,89	-71,54
Refletiva 02	1,81	-99,89
Convencional	2,43	-151,48

## Conclusões

O ensaio de envelhecimento acelerado não causou grande impacto sobre a refletância e o brilho das tintas estudadas. A alteração na refletância das tintas observada na literatura pode ser explicada pela presença de sujidades, fato este que não ocorre nos ensaios de simulação de intempéries realizados neste trabalho.

A menor refletância das tintas refletivas em comparação à Convencional pode ser explicada pelo maior brilho apresentado por esta última e pelo fato de tintas Refletivas serem caracterizadas pela maior refletância fora do espectro visível. Entretanto, um fato não explicado para a tinta Convencional é o aumento do brilho após cada ciclo até 300 horas de exposição e a posterior queda, mesmo havendo redução na refletância desta durante toda a análise.

Além disso, percebeu-se que a tinta Convencional, quando comparada às tintas Refletivas, sofreu maior variação em suas propriedades iniciais, podendo ser observados perda de refletância, amarelamento e escurecimento da superfície maiores do que o observado nas outras duas tintas.

## Referências Bibliográficas

- Abrafati, Tintas & Vernizes, Ciência e Tecnologia, 2ª Edição, Volume 1. (1995)
- Akbari, H., Berhe, A. A., Levinson, R., Graveline, S., Foley, K., Delgado, A. H., Paroli, R. (2005) M. Aging and weathering of cool roofing membranes. *Lawrence Berkeley National Laboratory, Califórnia*. Disponível em: <http://www.escholarship.org/uc/item/3qb8j3k7>. Acesso em: 17 jan. 2012.
- ASTM D5031 – Standard Practice for Enclosed Carbon-Arc Exposure Tests of Paint and Related Coatings.
- ASTM G153 – Standard Practice for Operating Enclosed Carbon Arc Light Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials.
- Atlas Ambiental do Município de São Paulo. (1999) Clima urbano - Temperatura aparente na superfície alvo de registro. São Paulo. Disponível em: <<http://atlasambiental.prefeitura.sp.gov.br/>> . Acesso em: 17 jan. 2012.

<sup>6</sup> A porcentagem foi calculada utilizando o valor inicial da coordenada como referência

<sup>7</sup> A porcentagem foi calculada utilizando o valor inicial da coordenada como referência

- Bianchini, F., Hewage, K. (2012) How “green” are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials. *Building and Environment*, 48, 57-65.
- Bretz, S. Akbari, H. Rosenfeld, A. (1998) Practical issues for using solar-reflective materials to mitigate urban heat islands. *Atmospheric Environment*, 32, 95-101.12.
- CBCS. Posicionamento sobre tetos frios. (2011) Comitê Temático de Materiais, São Paulo. Disponível em:  
<[http://www.cbcs.org.br/userfiles/comitestematicos/materiais/CBCS\\_CT\\_Materiais\\_Posicionamento\\_Tetos-Frios.pdf?>](http://www.cbcs.org.br/userfiles/comitestematicos/materiais/CBCS_CT_Materiais_Posicionamento_Tetos-Frios.pdf?>). Acesso em: 24 nov. 2011.
- Ikematsu, P. *Estudo da refletância e sua influência no comportamento térmico de tintas refletivas e convencionais de cores correspondentes*. 2007. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Kinouchi, T., Yoshinaka, T., Fukae, N., Kanda, M. (2004) Development of cool pavement with dark colored high albedo coating. *In: Fifth Conference for the Urban Environment, Vancouver, Canada. Anais.*
- Kleerekoper, L., van Esch, M., Salcedo, T. B. (2011) How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect. *Resources, Conservation and Recycling*, Article In Press.
- Landsberg, H. E. (1981) The urban climate. *International Geophysics Series*, 28. New York, N.Y.: Academic Press Inc.
- Levinson, R. Akbari, H., Berdahl, P. (2010) Measuring solar reflectance Part I: Defining a metric that accurately predicts solar heat gain. *Solar Energy*, **84**, 1717-1744.
- Memon, R. A., Leung, D. Y. C., Chunho, L. (2008) A review on the generation, determination and mitigation of urban heat island. *Journal of Environmental Sciences*, 20, 120-128.
- Mirzaei, P. A., Haghighat, F. (2010) Approaches to study Urban Heat Island Abilities and limitations. *Building and Environment*, **45**, 2192-2201.
- Sailor, D. J. (1995) Simulated urban climate response to modifications in surface albedo and vegetative cover. *Journal of Applied Meteorology*, 34, 1694-1704.
- Santamouris, M., Synnefa, A., Karlessi, T. (2011) Using advanced cool materials in the urban built environment to mitigate heat islands and improve thermal comfort conditions. *Solar Energy*, Article In Press.
- Shahmohamadi, P., Che-Ani, A. I., Etesam, I., Maulud, K. N. A., Tawil, N. M. (2011) Healthy environment: the need to mitigate urban heat island effects on human health. *Procedia Engineering*, 20, 61-70.
- Shen, H. Tan, H., Tzempelikos, A. (2011) The effect of reflective coatings on building surface temperatures, indoor environment and energy consumption an experimental study. *Energy and Buildings*, 43, 573-580.
- Synnefa, A., Santamouris, M., Livada, I. (2006) A study of the thermal performance of reflective coatings for the urban environment. *Solar Energy*, 80, 968-981.
- Synnefa, A., Santamouris, M., Livada, I. (2007) On the development, optical properties and thermal performance of cool colored coatings for the urban environment. *Solar Energy*, 81, 488-497.
- Synnefa, A., Dandou, A., Santamouris, M., Tombrou, M., Soulakellis, N. (2008) On the use of cool materials as a heat island mitigation strategy. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 47, 2846-2856. 13.
- Synnefa, A., Karlessi, T., Gaitani, N., Santamouris, M., Assimakopoulos, D. N., Papakatsikas, C. (2011) Experimental testing of cool colored thin layer asphalt and estimation of its potential to improve the urban microclimate. *Building and Environment*, 46, 38-44.
- Susca, T., Gaffin, S. R. Dell’orso, G. R. (2011) Positive effects of vegetation: Urban heat island and green roofs. *Environmental Pollution*, 159, 2119-2126.
- Taha, H., Akbari, H., Rosenfeld, A., Huang, J. (1988) Residential cooling loads and the urban heat island: The effects of albedo. *Building and Environment*, 23, 271-283.

- Takebayashi, H., Moriyama, M. (2009) Study on the urban heat island mitigation effect achieved by converting to grass-covered parking. *Solar Energy*, 83, 1211-1223.
- Uemoto, K. L., Sato, N. M. N., John, V. M. (2010) Estimating thermal performance of cool colored paints. *Energy and Buildings*, 42, 17-22.
- Zinzi, M., Agnoli, S. (2011) Cool and green roofs. An energy and comfort comparison between passive cooling and mitigation urban heat island techniques for residential buildings in the Mediterranean region. *Energy and Buildings*, Article In Press.