XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Emissividade térmica de materiais frios: Comparação de métodos de medição experimental

Emisividad térmica de materiales fríos: Comparación de métodos de medición experimental

Cool materials' thermal emissivity: Comparison of experimental measurement methods

4 - Desempenho térmico do ambiente construído

Andrade, Marcela Macedo de
Mestre, Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil, marcelamand@usp.br

Dornelles, Kelen Almeida
Doutora, Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil, kelend@usp.br

Resumo

Qualquer superfície mais aquecida do que o seu entorno perde calor pelo modo de transferência radiativo, isto é, emite radiação infravermelha longa que é representada pelo coeficiente de emissividade térmica. O objetivo deste artigo é apresentar a comparação entre os métodos de medição da emissividade térmica de revestimentos frios elastoméricos pelos métodos de medição indireta do termômetro sem contato conforme a norma ASTM E1933-14 utilizando um termógrafo, e a medição direta com um emissômetro portátil. Os valores medidos com o termógrafo indicam que os materiais que absorvem menos calor, porque são mais refletivos, têm menor emissividade e vice-versa enquanto os valores mensurados com o emissômetro são mais elevados e apresentam menor variação entre as amostras. A diferença nos comprimentos de ondas do infravermelho que são detectados pelos dois equipamentos é o fator que influenciou consideravelmente nas diferenças de emissividades, portanto é importante indicar qual faixa de comprimento de onda e temperatura o valor dessa propriedade é válido.

Palavras-chave: Emissividade térmica. Materiais frios. Radiômetro infravermelho. Emissômetro portátil.

Resumen

Cualquier superficie más caliente que su entorno pierde calor por transferencia radiativa, es decir, emite radiación infrarroja larga, que está representada por el coeficiente de emisividad térmica. El objetivo de este artículo es presentar la comparación entre los métodos de medición de la emisividad térmica de recubrimientos elastoméricos fríos mediante métodos de medición indirecta del termómetro sin contacto según la norma ASTM E1933-14 utilizando un termógrafo, y medición directa con el emisómetro portátil. Los valores medidos con el termógrafo indican que los materiales que absorben menos calor, por ser más reflectantes, tienen menor emisividad y viceversa, mientras que los valores medidos con el emisómetro son mayores y presentan menor variación entre muestras. La diferencia de longitudes de onda infrarrojas que detectan los dos dispositivos es el factor que influye considerablemente en las diferencias de emisividad, por lo que es importante indicar en qué longitud de onda y rango de temperatura es válido el valor de esta propiedad.

Palabras clave: Emisividad térmica. Materiales fríos. Radiómetro infrarrojo. Emisómetro portátil.

Abstract

Any surface hotter than its surroundings loses heat through radiative transfer, i.e., it emits long-wave infrared radiation which is represented by thermal emissivity coefficient. The aim of this article is to present a comparison between thermal emissivity measuring methods of elastomeric cool coatings by a non-contact thermometer indirect measurement method in accordance with ASTM E1933-14 using an infrared imaging radiometer and direct measurement with a portable emissometer. The values measured with the infrared radiometer indicate that materials that absorb less heat, because they are more reflective, have lower emissivity and vice versa, while the values measured with the emissometer are higher and present less variation among samples. The difference in the infrared wavelength detected by the two devices is the factor that considerably influences emissivity differences; therefore, it is important to indicate in which wavelength and temperature range the property value is valid.

Keywords: Thermal emissivity. Cool materials. Infrared imaging radiometer. Portable emissometer.

Introdução

A radiação térmica é emitida pela superfície de qualquer matéria, quando sua temperatura é superior ao zero kelvin (0 K) absoluto, para um corpo de menor temperatura, e não necessita de meio para propagar-se, ao contrário dos outros dois modos de transferência de calor, a condução e convecção, em que ocorrem pela matéria (ASHRAE, 2017). Um corpo denominado "negro" para Yamasoe e Corrêa (2016) é um meio ou substância capaz de absorver toda a radiação incidente, independentemente do comprimento de onda e da direção de incidência, sobre ele e também emite a máxima radiação térmica a uma dada temperatura, ou seja, é um corpo absorvedor perfeito ($\alpha_\lambda = 1$) e também um perfeito emissor ($\varepsilon_\lambda = 1$).

De acordo com a lei de Stefan-Boltzmann, a potência emissiva total do corpo negro ou a irradiância do corpo negro (E_B) em determinado ponto dessa superfície a uma dada temperatura (T) é proporcional à quarta potência da temperatura (Equação 1) (Ashrae, 2017).

$$E_B(T) = \sigma \, . T^4 \, (^W/_{m^2}) \qquad \text{... [1]}$$

Em que:

- $\sigma = 5{,}67 \times 10^{-8}$ é a constante de Stefan-Boltzmann ($W/m^2 . K^4$);
- T é a temperatura absoluta do corpo (K);

No entanto, a definição do corpo negro é apenas teórica, porque neste conceito considera-se que ocorre a absorção da radiação solar e emissão da radiação térmica em todos os comprimentos de onda, isto é, de forma não-seletiva, o que de acordo com Ladchumananandasivam (2007) não corresponde à realidade. Então, superfícies reais não emitem a máxima irradiância como um corpo negro (E_B), apenas uma parcela desta (E), e por causa disso são chamadas de corpos não-negros. Desta forma, além da temperatura absoluta do corpo, outros aspectos que influenciam a taxa de emissão são a composição do material e a sua superfície que são representados pelo coeficiente de emissividade total hemisférica (ε) que varia de zero a um ($0 \leq \varepsilon \leq 1$) de acordo com a equação 2 (Ashrae, 2017).

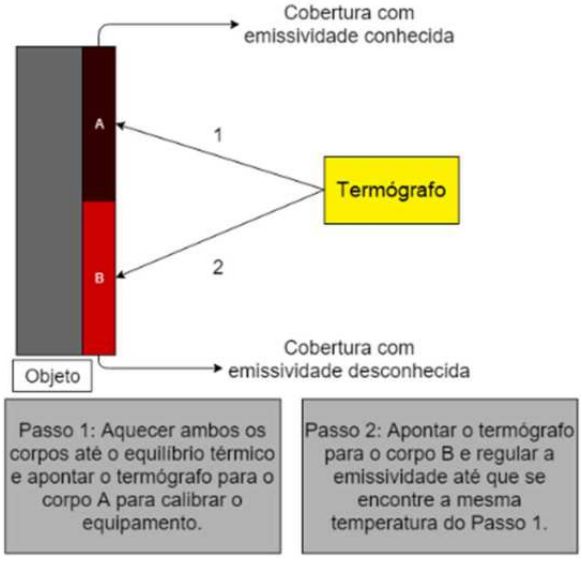
$$E = E_B . \varepsilon = \sigma \, . T^4 . \varepsilon \, (^W/_{m^2}) \qquad \text{... [2]}$$

Há uma gama de metodologias para a medição de emissividade de uma superfície, que podem ser divididas em dois grupos: as medições indiretas e as medições diretas. Os procedimentos indiretos envolvem a medição de alguma grandeza auxiliar como a temperatura e, a partir

desta, estima-se a emissividade. Por outro lado, os métodos diretos aferem a emissividade a partir da emissão de ondas de infravermelho e da captação do padrão espectral retornado pelo corpo e deste modo determina-se a emissividade sem o auxílio de grandezas auxiliares (De Oliveira, 2021).

Uma das formas mais comuns para a medição indireta é com a utilização de um termógrafo ou conhecido como câmera térmica, que é configurada com um valor padrão de emissividade que é ajustado posteriormente para supor a temperatura do corpo a partir da leitura de infravermelho. O experimento envolve a utilização de um corpo de alta emissividade com valor conhecido junto à superfície de emissividade desconhecida, os quais são aquecidos até o equilíbrio térmico. O equipamento é inicialmente apontado no corpo de emissividade conhecida e sua temperatura é determinada. Logo após, a câmera térmica é direcionada para o corpo a ser estudado e o seu valor de emissividade é ajustado até que se encontre o mesmo valor de temperatura previamente determinado (Figura 1).

Figura 1: Medição de emissividade utilizando um "corpo negro" e um termógrafo



Fonte: De Oliveira (2021).

Assim, o objetivo deste artigo é apresentar análise comparativa entre os métodos de medição da emissividade térmica de materiais frios elastoméricos para revestimento de cobertura e fachada de edifícios utilizando os métodos de medição direta e indireta.

Metodologia

Foram selecionados no mercado nacional revestimentos da construção civil, maioritariamente elastoméricos, os quais indicaram nas suas especificações técnicas apresentarem altos valores de refletância solar e emissividade térmica. Esses materiais possuem na sua nomenclatura designações “térmica” ou “refletiva” e são conhecidos na literatura como materiais frios *(cool materials)*. Foi selecionado um material pulverulento, um aditivo branco refletivo, que foi incorporado de acordo com as instruções do seu fabricante a quatro tintas acrílicas à base de água com acabamento semibrilho nas cores branca, bege, vermelha e cinza.

Então, os materiais frios analisados são compostos por três mantas líquidas impermeabilizantes (sigla ML), doze tintas térmicas (sigla T) e quatro tintas aditivadas (sigla TA), após a adição do pó, em quatro cores, o que totaliza 19 amostras de materiais frios. Com a finalidade de comparação, as tintas convencionais (sigla T-REF) também foram avaliadas e todos os materiais foram pintados sobre uma placa cimentícia com superfície plana e impermeabilizada, a qual foi cortada em quadrados na dimensão de 10 cm de lado.

Metodologia indireta de medição da emissividade

O procedimento descrito na norma americana E1933-14 (ASTM, 2022) é utilizado para medir e compensar o erro do valor de emissividade térmica na medição de temperatura superficial ao utilizar um radiômetro ou termógrafo. Foi utilizado um termógrafo de imagem infravermelha da marca Flir, modelo E5-XT, que permite a modificação dos valores de temperaturas refletidas e de emissividade no software do fabricante do termógrafo. Para objetos de alta emissividade, o parâmetro de temperatura aparente refletida tem pouca influência, e por isso, não foi alterado.

O método do termômetro sem contato utiliza um material modificador na superfície da amostra que é definido pela norma E1933-14 (ASTM, 2022, p.1, tradução nossa) como “qualquer fita, spray, tinta ou similar que seja usado para alterar a emissividade da superfície da amostra”. Para isso, sugere-se que o material modificador deva ter emissividade térmica preferencialmente com valor de 0,9 ou maior para melhores resultados. A fita isolante de vinil negra foi escolhida, porque é um material de alta qualidade e tem uma emissividade alta e conhecida (ε = 0,95), de forma que seu uso é recomendado pelo fabricante da câmera Flir (Teledyne Flir, 2015).

Portanto, a fita isolante foi colada na metade da porção da amostra, ou seja, numa área imediatamente adjacente da amostra em que foi medida a emissividade de valor desconhecido. Para a realização do experimento, segundo a norma E1933-14 (ASTM, 2022) a amostra tem que estar a uma temperatura pelo menos 10 °C mais quente ou mais fria que a temperatura ambiente. Portanto, foi utilizado um meio natural de aquecer as amostras ao expô-las ao Sol num dia de verão (21 de janeiro de 2022) na cidade de São Paulo, que registrava 30°C para a temperatura do ar ambiente. Nos dados de entrada do termógrafo foi inserido o valor de emissividade conhecido (ε = 0,95) da fita isolante. Na barra de ferramentas, foi selecionada a função *spot* ou ponto central no termógrafo em que foi apontado na área da amostra onde o valor de emissividade é desconhecido *(Sp1)* (Figura 2).

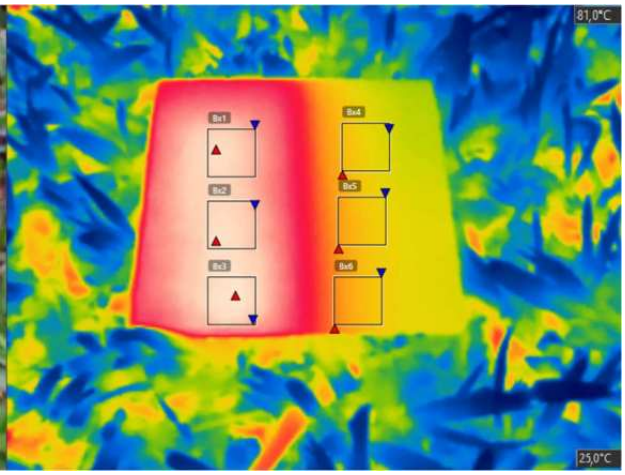
Após a realização desse processo para todas as amostras, as imagens térmicas foram tratadas no software FLIR Tools® para realizar a medição da temperatura superficial (Figura 3). Para isso, foram sobrescritas *boxes* ou caixas contendo 25 mm no material modificador da superfície (fita isolante) e foi registrado o valor médio da sua temperatura superficial (*Bx 1*). Posteriormente, a mesma área de medição foi circunscrita na região da amostra sem a fita isolante e foi medida sua temperatura média (*Bx 4*). Então, o parâmetro de emissividade no software foi sendo ajustado manualmente até que indicasse a mesma temperatura média registrada na área da fita isolante. Esse procedimento foi repetido duas vezes, totalizando um mínimo de três medições exigidas pela norma E1933-14 (ASTM, 2022), e realizada a média aritmética dos valores de emissividade para se obter uma emissividade média.

Figura 2: Medição da temperatura da amostra da manta líquida ML-01 utilizando um termógrafo



Fonte: As autoras (2025, p. 06).

Figura 3: Medição das temperaturas na manta líquida ML-01 no software com modificação dos parâmetros



Fonte: Adaptado de FLIR Tools+ (2015).

Portanto, esse valor de emissividade ajustado e indicado no software é a emissividade medida da amostra, nesta temperatura e banda de onda espectral (de 7,5 a 13 µm) do radiômetro de imagem infravermelha usado para fazer a medição.

Metodologia direta de medição da emissividade

A emissividade térmica foi medida pelo emissômetro portátil, modelo AE1, da Devices & Services (Figura 4), que possui um detector, que é aquecido eletricamente e mantém-se a uma temperatura constante de modo que a amostra permanece a temperatura ambiente (25°C). Após um período inicial de aquecimento aproximado de 30 minutos, as leituras de emissividade foram realizadas a cada um minuto e meio, que corresponde ao tempo de exposição da amostra ao detector (Devices and Services, 2022).

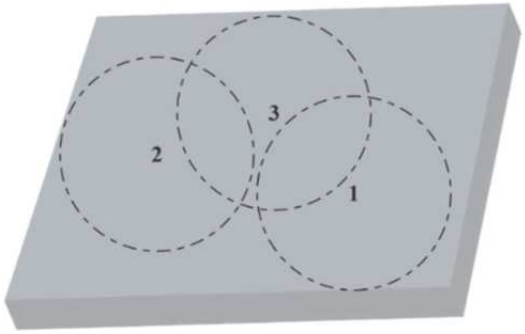
O emissômetro portátil identifica a transferência de calor por radiação emitida pela amostra em comprimentos de onda entre 3 e 30 µm e foi previamente calibrado com dois padrões, um com alto valor de emissividade (ε = 0,88) e outro com valor muito baixo (ε = 0,06). O dissipador de calor mantém tanto a amostra de referência quanto a amostra de emissividade desconhecida à mesma temperatura (Pereira, 2014). Em relação às referências, determina-se de forma comparativa um valor constante de emissividade hemisférica total, linear à saída de tensão no visor do multímetro, para a amostra desconhecida a uma temperatura de 65°C (Devices and Services, 2022). Desta forma, o valor de emissividade térmica varia entre zero e um ($0,00 < \varepsilon_T < 1,00$) com resolução de dois dígitos e margem de erro ± 0,01 em razão da precisão do equipamento. Conforme recomendação da norma C1371-15 (ASTM, 2015), foram realizadas três medições para cada amostra com diâmetro aproximado de 5,7 cm (Figura 5), que é o tamanho do cabeçote de medição, e o valor final de emissividade foi obtido da média aritmética simples das três leituras.

Figura 4: Emissômetro portátil com voltímetro digital da Devices & Services



Fonte: Pereira (2014).

Figura 5: Identificação dos pontos medidos com o emissômetro portátil na placa cimentícia



Fonte: As autoras (2025, p. 07).

Resultados

Medição indireta da emissividade

Estão apresentados na Tabela 1 os valores médios de temperatura que foram medidos na fita isolante (3ª coluna) e na placa cimentícia pintada (4ª coluna) com o valor de emissividade de 0,95. A 6ª coluna refere-se ao valor médio de temperatura na placa cimentícia coincidente com o da fita isolante após a modificação do valor de emissividade (5ª coluna) que representa a emissividade do material a essa temperatura. Todos os valores apresentados correspondem à média aritmética das três medições realizadas conforme a norma E1933-14 (ASTM, 2022).

A termografia consiste na medição da radiação emitida pela superfície, portanto a determinação do valor correto de emissividade é fundamental de acordo com Avdelidis e Moropoulou (2003) para a obtenção dos dados corretos de temperatura e interpretar as imagens termográficas. Essa técnica é empregada na inspeção de materiais com alta emissividade tendo em vista que emite uma alta intensidade da radiação térmica, conforme visto na lei de Stefan-Boltzmann.

Os materiais frios com maiores valores de emissividade térmica (de 0,94 a 0,80) são os mais escuros, ou seja, absorvem mais radiação solar e consequentemente emitem maior quantidade desse calor absorvido na forma de radiação térmica (Tabela 1). Enquanto as tintas brancas possuem os menores valores de emissividade (de 0,59 a 0,45), sendo as com valores inferiores a 0,5 as tintas T-05, T-08 e T-09 que são, dentre todas as brancas, as mais refletivas, o que foi verificado em estudo anterior (Andrade; Dornelles, 2023). Dessa forma, essas amostras absorvem menos calor e emitem pouca radiação térmica, o que foi constatado pelo termógrafo. Similarmente, foram verificados menores valores de emissividade térmica de materiais medidos com a câmera térmica relacionados com melhor desempenho térmico em Castro *et al.* (2017) que avaliaram materiais convencionais e frios de pavimentação urbana.

Então, superfícies com baixos valores de emissividade (próximos a 0) são altamente refletoras e a energia captada pela câmera térmica resulta da somatória das parcelas da radiação refletida e da emitida em função da sua temperatura superficial, o que ocasiona ruído na leitura da temperatura. Assim, a recomendação do fabricante de termógrafos Flir é que não se utilize o equipamento para a medição de temperatura em objetos com valor de emissividade menor do que 0,5 por causa do erro inerente na medição da temperatura. Portanto, a adição da fita isolante também é utilizada para compensar a baixa emissividade dos corpos, porque reduzem a refletância do corpo e melhora a precisão da medição da temperatura (Teledyne Flir, 2015).

Tabela 1: Emissividade térmica dos materiais frios utilizando o termógrafo.

Cor	Amostra	Emissividade térmica (ε = 0,95)		Emissividade real da amostra	
		Temperatura média com a fita isolante (°C)	Temperatura média sem a fita isolante (°C)	ε	Temperatura média sem a fita isolante e com a emissividade ajustada (°C)
	ML-01	57.0	43.2	0.51	57.2
	ML-02	57.6	44.2	0.53	57.6
	ML-03	57.4	45.9	0.58	57.8
	T-01	57.6	45.0	0.55	57.8
	T-02-B	57.1	43.2	0.51	57.1
	T-02-P	56.8	46.7	0.62	56.9
	T-02-C	58.3	58.2	**0.94**	**58.5**
	T-02-V	57.7	53.0	**0.80**	**57.6**
	T-03	56.8	44.9	0.56	57.2
	T-04	55.6	45.0	0.59	55.9
	T-05	54.9	41.1	**0.48**	**55.1**
	T-06	55.9	43.7	0.55	55.9
	T-07	53.7	43.7	0.59	53.9
	T-08	56.2	41.0	**0.45**	**56.7**
	T-09	56.4	42.3	**0.49**	**56.6**
	TA-01-B	53.8	41.8	0.53	53.8
	TA-01-P	53.5	44.1	0.61	53.6
	TA-01-C	56.0	53.6	**0.87**	**56.0**
	TA-01-V	55.7	52.2	**0.83**	**55.7**
	T-01-B-REF	57.5	44.4	0.53	57.9
	T-01-P-REF	53.0	43.7	0.61	53.0
	T-01-C-REF	52.1	51.1	0.91	52.2
	T-01-V-REF	51.9	50.0	0.88	51.8

Fonte: Autoras (2025, p. 09).

Medição direta da emissividade

Os valores da média aritmética da emissividade térmica medida pelo emissômetro portátil nas amostras estão apresentados na Tabela 2. O valor numérico está em unidade adimensional e

representado com duas casas decimais como determinado pelo manual do Conselho de Classificação de Telhado Frio (CRRC, 2022) e o desvio padrão (σ) que representa a dispersão das três leituras em relação à média é representado com quatro casas decimais.

Tabela 2: Emissividade térmica dos materiais frios e de referência medidos com emissômetro portátil

Cor	Amostra	ε	Desvio padrão σ (±)	Cor	Amostra	ε	Desvio padrão σ (±)	Cor	Amostra	ε	Desvio padrão σ (±)
	ML-01	0.91	0.0024		T-03	0.88	0.0022		TA-01-B	0.86	0.0033
	ML-02	0.91	0.0049		T-04	0.88	0.0025		TA-01-P	0.87	0.0016
	ML-03	0.88	0.0026		T-05	0.90	0.0051		TA-01-C	0.87	0.0017
	T-01	0.88	0.0024		T-06	0.88	0.0014		TA-01-V	0.87	0.0005
	T-02-B	0.86	0.0014		T-07	0.87	0.0029		T-01-B-REF	0.85	0.0008
	T-02-P	0.87	0.0026		T-08	0.87	0.0036		T-01-P-REF	0.86	0.0005
	T-02-C	0.87	0.0009		T-09	0.89	0.0028		T-01-C-REF	0.86	0.0040
	T-02-V	0.87	0.0041						T-01-V-REF	0.86	0.0053

Fonte: Autoras (2025, p. 10).

Todos os materiais líquidos foram aplicados sobre a placa cimentícia de referência, portanto, apresentam o mesmo tipo de composição superficial para o substrato. Dentre todos os materiais, somente as mantas líquidas ML-01 e ML-02 possuem valores de emissividade térmica superior a 0.90 (ε = 0.91) e a ML-03 tem o valor um pouco menor (ε = 0.88) e, portanto, apresentam uma diferença de ± 0.03. Entre o grupo de tintas frias, a variação na emissividade térmica é de ± 0.04 absoluto (de 0.86 a 0.90), a mesma diferença encontrada para os revestimentos frios brancos estudados por Synnefa, Santamouris e Livada (2006), porém estes possuem valores ligeiramente maiores de emissividade térmica (entre 0.89 e 0.93).

A variação da propriedade entre as tintas aditivadas com o pó refletivo (sigla TA) em relação às convencionais correspondentes em cores (sigla T-REF) está em consonância com o encontrado em Synnefa, Santamouris, Apostolakis (2007), Revel *et al.* (2014), Zinzi (2016) e Silva (2017), contudo, as alterações nestes valores são consideradas irrisórias, porque estão dentro da incerteza na medição relacionada ao equipamento (margem de erro ± 0,01).

Portanto, na literatura, a partir dos trabalhos que utilizam o equipamento emissômetro portátil e o procedimento de medição baseado na norma americana ASTM C1371-15, as tintas frias possuem elevada emissividade térmica, isto é, são superfícies com alta emissão de calor na forma de radiação térmica. Contudo, apesar dos altos valores, eles tendem a ser menores

do que nas tintas convencionais, o que difere dos resultados encontrados com os maiores valores, apesar de sutis, observados nas tintas incorporadas com o pó aditivo refletivo.

Conclusão

A emissividade térmica é uma propriedade dependente da temperatura do corpo e a textura ou composição superficial do material e o comprimento de onda são fatores que alteram o valor de emissividade, que varia de 0 a 1 para corpos não-negros (Teledyne Flir, 2015).

Todos os materiais líquidos foram aplicados sobre o mesmo substrato, uma placa cimentícia para steel frame, portanto apresentam o mesmo acabamento e condição superficial. A variação da temperatura dos corpos expostos ao Sol (de 53,6°C a 58,5°C) que foram mensurados com a câmera térmica em relação a medição em laboratório com o emissômetro portátil (a 65°C) é relativamente pequena e não condiciona significativamente a variação da emissividade entre os dois equipamentos. Em relação ao comprimento de onda, de acordo com a classificação da ABNT (2022), a câmera térmica (7,5 a 13 µm) detecta ondas infravermelhas longas e o emissômetro portátil (3 a 30 µm) ondas médias, longas e muito longas.

De acordo com Avdelidis e Moropoulou (2003), os comprimentos de onda curto ou médio são mais sensíveis, isto é, são detectáveis e, portanto, o valor de emissividade é maior a altas temperaturas (acima da temperatura ambiente) e os longos são mais sensíveis a temperaturas mais baixas do que a temperatura ambiente. Dessa forma, o emissômetro é o único que identifica a radiação infravermelha de onda média (3 a 6 µm), portanto, explica-se a razão pelo qual os valores de emissividade detectados por esse equipamento são mais elevados em relação ao termógrafo. Então, a diferença na gama de comprimentos de ondas é o fator que influencia consideravelmente nas diferenças de emissividades entre os dois métodos de medição utilizados.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Processo n° 2019/20050-9). As opiniões expressas neste material são de responsabilidade das autoras e não necessariamente refletem a visão da FAPESP. Agradecimentos também ao professor Deivis Marinoski, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), pela contribuição nas medições com o

emissômetro portátil e ao técnico do LABAUT (Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética) da FAUUSP Ranieri Higa pelas medições com o termógrafo de infravermelho.

Referências

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.424:** Ensaios não destrutivos – Termografia infravermelha - Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ANDRADE, M. M. de; DORNELLES, K. A. A influência da composição química na refletância solar e emitância térmica dos materiais frios. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO E AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO E AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., São Paulo, 2023. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2023.

ASHRAE. Heat transfer. *In*: OWEN, M. (org.) SI. **ASHRAE Handbook Series:** Fundamentals. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE), 2017. p. 4.1-4.36.

ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **C1371-15:** Standard test method for determination of emittance of materials near room temperature using portable emissometers. West Conshohocken: ASTM, 2015.

____. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **E1933-14:** Standard practice for measuring and compensating for emissivity using infrared imaging radiometers. West Conshohocken: ASTM, 2022.

AVDELIDIS, N. P.; MOROPOULOU, A. Emissivity considerations in building thermography. **Energy and Buildings**, Amsterdã, v. 35, p. 663-667, 2003.

CASTRO, L. C.; DEGUES, K. M.; CYPRIANO, M. G.; ROCHA, M. R.; MONTEDO, O. R. K.; ANGIOLETTO, E. Evaluation of the thermal performance of different cold materials for urban paving. **Cerâmica**, São Paulo, v. 63, p. 203-209, 2017.

CRRC. COOL ROOF RATING COUNCIL. **CRRC-1 Roof product rating program manual**. Portland: CRRC, 2022.

DE OLIVEIRA, P. C. **Desenvolvimento e comparação de métodos de medição experimental da emissividade:** aplicação a superfícies de estruturas de flare offshore. 2021. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Pontíficia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

DEVICES AND SERVICES. **AE1 & RD1**. 28 set. 2022. Disponível em: < https://www.devicesandservices.com/prod03.htm>. Acesso em: 16 dez. 2024.

FLIR Tools+. **Versão 6.4.18039.1003** [S.l.]: Teledyne FLIR, 2015. Disponível em: < https://support.flir.com/SwDownload/app/RssSWDownload.aspx?ID=1247>. Acesso em: 16 set. 2024.

LADCHUMANANANDASIVAM, R. A natureza da luz e a sua interação com a matéria. *In:* LADCHUMANANANDASIVAM, R. **Processos Químicos Têxteis -** Ciência da Cor. 2 ed. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2007. p. 1–34.

PEREIRA, C. D. **Influência da refletância e da emitância de superfícies externas no desempenho térmico de edificações**. 2014. 185 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

REVEL, G. M.; MARTARELLI, M.; EMILIANI, M.; GOZALBO, A.; ORTS, M. J.; BENGOCHEA, M. A.; DELGADO, L. G.; GAKI, A.; KATSIAPI, A.; TAXIARCHOU, M.; ARABATZIS, I.; FASAKI, I.; HERMANNS, S. Cool products for building envelope - part I: development and lab scale testing. **Solar Energy**, Amsterdã, v. 105, p. 770–779, 2014.

SILVA, I. L. M. **Estudo de durabilidade de pinturas "frias" e convencionais expostas ao envelhecimento natural**. 2017. 170 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

SYNNEFA, A.; SANTAMOURIS, M.; APOSTOLAKIS, K. On the development, optical properties and thermal performance of cool colored coatings for the urban environment. **Solar Energy**, Amsterdã, v. 81, n. 4, p. 488 497, 2007.

SYNNEFA, A.; SANTAMOURIS, M.; LIVADA, I. A study of the thermal performance of reflective coatings for the urban environment. **Solar Energy**, Amsterdã, v. 80, n. 8, p. 968–981, 2006.

TELEDYNE FLIR. **Use Materiais de Baixo Custo para Aumentar a Emissividade do Alvo**. 05 nov. 2015. Disponível em: < https://www.flir.com.br/discover/rd-science/use-low-cost-materials-to-increase-target-emissivity/>. Acesso em: 17 out. 2024.

YAMASOE, M. A.; CORRÊA, M. P. **Processos radiativos na atmosfera:** fundamentos. São Paulo: Oficina de textos, 2016. 142 p. ISBN 978-85-7975-229-2.

ZINZI, M. Characterisation and assessment of near infrared reflective paintings for building facade applications. **Energy and Buildings**, Amsterdã, v. 114, p. 206–213, 2016.