COMPORTAMENTO TÉRMICO DE FACHADAS URBANAS COM DIFERENTES REVESTIMENTOS CERÂMICOS

Ana Júlia Pilon Castello (1), Marcius Fabius Henriques de Carvalho (2), Lia Toledo Moreira Mota (3), Claudia Cotrim Pezzuto (4)
(1) Mestre, Arquiteta e Urbanista, castelloanajulia@gmail.com
(2) Doutor, Engenheiro Elétrico, marcius@puc-campinas.edu.br
(3) Doutora, Engenheira Elétrica, lia.mota@puc-campinas.edu.br
(4) Doutora, Arquiteta e Urbanista, claudiapezzuto@puc-campinas.edu
Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, Rodovia D. Pedro I, Km 136, Parque Das Universidades, Campinas, SP, 13086- 900, Brazil

RESUMO
A radiação solar incidente em revestimentos das fachadas urbanas pode gerar acúmulo de calor nas cidades. Em consequência, as envoltórias das construções podem causar desconforto térmico aos habitantes e potencializar a demanda energética para resfriamento dos ambientes. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho térmico de fachadas com revestimentos cerâmicos de diferentes refletâncias solares investigando a influência das orientações norte, sul, leste e oeste. A partir de amostras expostas ao sol em painéis verticais, em ambiente externo, em dia de verão, foram realizadas medições de temperatura superficial, refletância solar e temperatura do ar. Os resultados mostram que a fachada leste apresentou a maior temperatura superficial média durante o período diurno, 33,0°C, em comparação com 28,3°C, 27,8°C e 27,7°C nas fachadas norte, sul e oeste, respectivamente. Entretanto, apresentou um rápido resfriamento no período noturno com temperatura superficial média de 26,4°C, em comparação com 28,5°C, 26,7°C e 34,7°C nas fachadas norte, sul, e oeste, respectivamente. Destaca-se que a fachada oeste apresentou a maior temperatura superficial média máxima, 63,9°C, com diferença de 24,9°C da fachada sul. Por outro lado, revestimentos de diferentes cores e refletâncias apresentam comportamento térmico distinto nas diferentes fachadas. Notou-se que o aumento da refletância de 3,7% (AZE_LB) para 50,5% (BR_LB) pode gerar uma diferença na temperatura superficial máxima de 18,9°C (oeste), 15,1°C (leste), 7,6°C (norte) e 3°C (sul). Assim ressalta-se a considerável influência da característica e da orientação da superfície no desempenho térmico das fachadas urbanas, para correta utilização dos revestimentos e para mitigação do aquecimento urbano.

Palavras-chave: refletância solar, orientação solar, fachadas, revestimentos cerâmicos.

ABSTRACT
The incident solar radiation on urban facades with certain coatings can generate heat accumulation in cities, so the envelopes of buildings can cause thermal discomfort to the inhabitants and increase cooling demand in buildings. Therefore, the present paper evaluates the thermal performance of facades with ceramic coatings of different solar reflectances, investigating the influence of north, south, east and west orientations. Thus, outdoor experiments was conducted in a typical summer day. Surface temperature, spectral reflectance an air temperature measurement were collected. The results show that the east facade had the highest average surface temperature during the day, 33.0°C, compared to 28.3°C, 27.8°C and 27.7°C on the north, south and west facades, respectively. However, it showed a rapid cooling at night with an average surface temperature of 26.4°C compared to 28.5°C, 26.7°C and 34.7°C on the north, south and west facades, respectively. West façade had the highest average maximum surface temperature, 63.9°C, a difference of 24.9°C from the south façade. On the other hand, coatings of different colors and reflectances present different thermal behavior on different facades. Moreover, the increase in reflectance from 3.7% (AZE_LB) to 50.5% (BR_LB) can generate a difference in the maximum surface temperature of 18.9°C (west), 15.1°C (east), 7.6°C (north) and 3°C (south). Thus, the considerable influence of surface characteristics and orientation on the thermal performance of urban facades is highlighted, for the correct use of coatings and for mitigating urban heating.

Keywords: solar reflectance, solar orientation, facades, ceramic claddings.

1. INTRODUÇÃO

Estudos estimam que em 2050 o consumo energético de resfriamento dos edifícios atinja 35% do consumo total (PAOLINI et al., 2017). Além disso o excesso de calor pode gerar problemas de saúde (SANTAMOURIS; SYNNEFA; KARLESSI, 2011; SANTAMOURIS; YUN, 2020). Portanto a implementação de ações mitigativas do aquecimento urbano é uma forma de preparar as cidades para os impactos da urbanização e reduzir a demanda de resfriamento (GARSHASBI et al., 2020).

Nos centros urbanos pode ser observado o fenômeno das ilhas de calor. Uma das causas do fenômeno das ilhas de calor é relacionada com os materiais urbanos e sua capacidade de reflexão ou absorção da radiação solar. Quanto menor o albedo urbano, maior a retenção de calor nas estruturas urbanas e maior a transferência de calor para os ambientes (KINOSHITA; YOSHIDA, 2016; STEWART; OKE, 2012). Em contrapartida, aumentando significativamente o albedo urbano, poderia causar uma redução entre 2°C e 4°C na temperatura do ar (TAHA, 1997).

O albedo, ou refletância solar, é um parâmetro considerado estratégico na mitigação da temperatura superficial e da temperatura do ar. Define-se como albedo ou refletância solar o quociente da taxa de radiação solar refletida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície (ABNT, 2005). A utilização de materiais com alta refletividade à radiação solar contribui para o aumento do albedo de áreas urbanas reduzindo os ganhos térmicos convectivos e radiativos nas superfícies (AKBARI; MATTHEWS; SETO, 2012).

Diversas pesquisas têm abordado o benefício dos materiais frios ou reflexivos (cold / cool materials) (GEORGAKIS; ZORAS; SANTAMOURIS, 2014; PAOLINI et al., 2017; PISELLO et al., 2015; SANTAMOURIS; YUN, 2020; SYNNEFA et al., 2008). Os materiais frios (cold / cool materials) apresentam alta refletividade à radiação solar e alta emissividade espectral, facilitando o resfriamento da temperatura do ar por acumular menor quantidade de calor na superfície (DOULOS; SANTAMOURIS; LIVADA, 2004; SYNNEFA; SANTAMOURIS; APOSTOLAKIS, 2007). O uso de revestimentos reflexivos pode gerar uma redução de 39°C na temperatura superficial de fachadas (ALCHAPAR; CORREA, 2020), 41°C em telhados (ALCHAPAR; CORREA, 2020; MUNIZ-GÄAL et al., 2018) e 32°C em pavimentos (ALCHAPAR; CORREA; CANTÓN, 2014).

Por outro lado, estudos também têm alertado para o aumento das cargas radioativas com o excesso de refletividade das superfícies, causando resultados negativos para os cidadãos ou comprometendo o ambiente externo (ALCHAPAR et al., 2017; LOBACCARO; FRONTINI, 2014; YAGHOOBIAN NEDA; KLEISSL JAN, 2012; ZHU JIAJIE; JAHN WOLFRAM; REIN GUILLERMO, 2019).

Esta pesquisa contribui para a conscientização de projetistas e planejadores urbanos na escolha correta dos materiais de superfície urbana. A caracterização dos materiais de acabamento superficial existentes, principalmente a partir de suas propriedades térmicas e reflexivas, contribui também para a conscientização da gestão energética nas cidades, a certificação energética dos materiais e a promoção da utilização (LEVINSON RONNEN, 2019; PEREZ et al., 2022).

2. OBJETIVO

O objetivo desde trabalho é verificar a relação entre as características dos revestimentos cerâmicos e a temperatura superficial no comportamento térmico das fachadas em cada orientação solar.

3. MÉTODO

Neste trabalho foram selecionadas amostras de revestimentos cerâmicos de sete cores, com diferentes texturas e acabamentos, que são comumente utilizados em envoltórias de construções brasileiras, conforme Tabela 1.

Foi realizado um estudo experimental para analisar o comportamento térmico dos revestimentos quando expostos à radiação solar. A temperatura do ar foi coletada a cada 10 minutos através de dataloggers portáteis, modelo Testo 174H, instalados em abrigos protegidos contra intempéries e radiação solar direta. Os dados de radiação global foram obtidos da estação meteorológica da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2022). O dia de coleta (26/02/2022) foi estável e sem precipitação, podendo ser considerado um dia típico de verão da região. O experimento foi realizado em Arcadas, distrito do município brasileiro de Amparo, no interior do Estado de São Paulo, em uma área descampada, ampla e livre de qualquer obstrução e sombra

A temperatura máxima registrada foi 33,4°C e a radiação solar máxima registrada foi 1039W/m² (Figura 1).

Tabela 1 - Descrição dos revestimentos cerâmicos.

Amostra		Cor	Acabamento	Textura
AZE_LB		Azul escuro	Brilhante	Lisa
TE_TA		Terracota escuro	Acetinado	Texturizada
VE_LB		Vermelha	Brilhante	Lisa
BE_TA		Bege	Acetinado	Texturizada
VEC_LA		Verde claro	Brilhante	Lisa
GE_TA		Gelo	Acetinado	Texturizada
BR_LB		Branca	Brilhante	Lisa

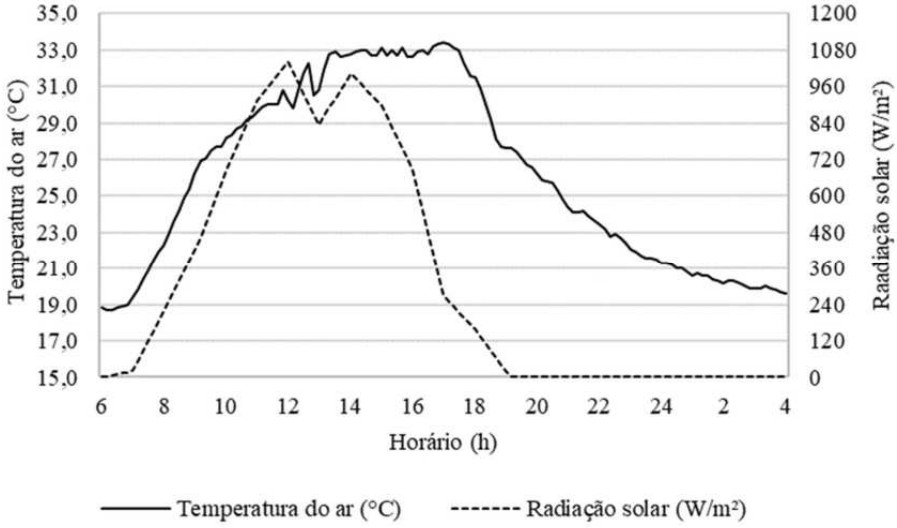


Figura 1 - Descrição climática do dia de experimento.

As amostras foram fixadas em um painel vertical produzido de MDF (Placa de fibra de média densidade) e revestido com EPS (Poliestireno Expandido) que funciona como limite adiabático à condutividade entre os materiais. O EPS foi esculpido para encaixar as amostras e não ocorrer sombreamento entre si. O painel foi posicionado à norte, sul, leste e oeste, e em nível e prumo do chão.

As temperaturas superficiais dos revestimentos foram coletadas de duas em duas horas, a partir das 6h da manhã até às 4h da manhã seguinte. Foi utilizada uma câmera termográfica *Fluke* Ti110. Os valores correspondem as médias das temperaturas da superfície total de cada amostra, determinadas automaticamente com a área desejada selecionada nas imagens termográficas, utilizando o *software Fluke SmartView Classic* 4.4. (Figura 2).

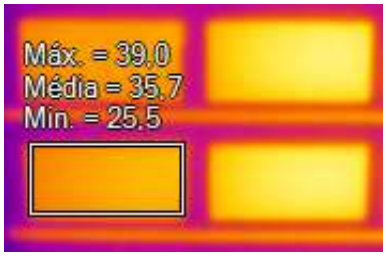


Figura 2 - Imagem termográfica; Software Fluke.

A refletância solar de cada revestimento foi coletada em ambiente laboratorial com o Espectrômetro ALTA II, desenvolvido pelo Instituto Lunar e Planetário (Texas), O ALTA II mede refletâncias correspondentes a radiação emitida em onze comprimentos de onda, entre 470 e 940 nanômetros (sete da região visível e quatro da região infravermelha). Estudos relatam confiabilidade boa deste instrumento (DORNELLES, 2008; DORNELLES; RORIZ, 2007; MUNIZ-GÄAL et al., 2018; PEREIRA et al., 2015). A refletância foi calculada segundo métodos existentes (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2022; PEREIRA et al., 2015; SANTOS; MARINOSKI; LAMBERTS, 2009).

4. RESULTADOS

A seguir são abordados os resultados através de análises descritivas, discutindo o comportamento térmico que ocorreram durante a exposição nas orientações norte, sul, leste e oeste e das amostras (AZE_LB; TE_TA; VE_LB; BE_TA; VEC_LA GE_TA; BR_LB). Os dados foram obtidos da medição térmica e da medição óptica, contemplando temperatura superficial e refletância solar.

A análise se inicia abordando o comportamento térmico das fachadas (N, S, L e O). Na Tabela 2 apresentam-se as temperaturas superficiais médias a cada duas horas. Verifica-se que a fachada oeste apresentou a maior temperatura média máxima, 63,9 °C, com 12,2°C, 14,8°C e 24,9°C de diferença das fachadas leste, norte e sul, respectivamente. Verifica-se que a fachada oeste apresentou a temperatura média mais elevada no período diurno (6h – 18h), 38,2°C, em comparação com 34,2°C, 32,3°C e 37,3°C nas fachadas norte, sul e leste, respectivamente. Já as médias do período noturno são similares para todas as fachadas. Destaca-se que a fachada sul apresentou a menor amplitude térmica, 21,7°C, em comparação com 32,2°C, 34,7°C e 47,3°C nas fachadas norte, leste e oeste, respectivamente.

Tabela 2 - Temperatura superficial média (°C) das fachadas.

Hora	N	S	L	O
6h	16,9	17,3	17,0	16,6
8h	23,1	30,8	47,0	21,9
10h	34,3	36,3	51,7	30,9
12h	38,4	35,0	40,3	34,8
14h	49,1	39,0	38,7	53,9
16h	45,3	36,4	35,3	63,9
18h	32,4	31,5	30,8	45,6
Temperatura média do período diurno	**34,2**	**32,3**	**37,3**	**38,2**
20h	24,5	24,9	25,2	24,8
22h	21,1	21,4	21,5	20,7
24h	19,2	19,5	19,2	18,7
2h	18,3	18,5	18,6	17,9
4h	17,8	18,0	18,0	17,7
Temperatura média do período noturno	**20,2**	**20,5**	**20,5**	**20,0**
Temperatura média	28,4	27,4	30,3	30,6
Temperatura média máxima	49,1	39,0	51,7	63,9
Temperatura média mínima	16,9	17,3	17,0	16,6
Amplitude térmica média	32,2	21,7	34,7	47,3

A Figura 3 apresenta a diferença da temperatura superficial média em intervalos de duas horas, de cada fachada (norte, sul, leste e oeste). O período entre 10h e 12h apresentou a maior diferença térmica nas fachadas leste e sul, 30°C e 13,5°C. Para a fachada norte o período de maior diferença térmica foi entre 12h e 14h, 11,2°C. Já para a fachada oeste foi entre 16h e 18h, 19,1°C. Por outro lado, a fachada leste resfriou mais rápido, -11,4°C entre 14h e 16h. As outras fachadas apresentaram maior resfriamento no período noturno. Norte entre 20h-22h, -12,9°C. Sul e oeste entre 22h-24h, 6,6°C e 20,8°C respectivamente.

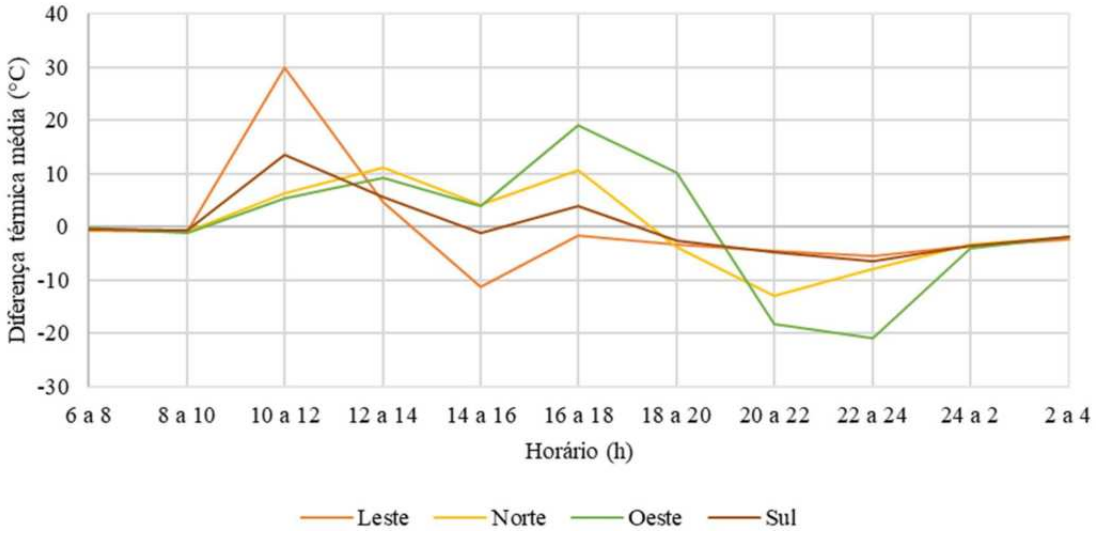


Figura 3 - Diferença térmica média das fachadas.

Para análise do comportamento térmico dos revestimentos nas fachadas, apresenta-se a Tabela 3 com as refletâncias solares e as temperaturas superficiais máximas das amostras. As refletâncias variam entre 3,7% e 50,5%. Foram considerados materiais de diversas características com refletância baixa à média, pois estudos relataram cargas radiativas mais intensas com o aumento excessivo da refletância da superfície vertical, causando desconforto ao pedestre (ALCHAPAR et al., 2017; ERELL et al., 2014). As amostras de cores branca e gelo apresentam as maiores refletâncias deste estudo (50,5% e 39,5%, respectivamente).

O pico das temperaturas máximas é observado na fachada oeste e variam entre 55,5°C e 74,4°C, enquanto os menores valores de temperaturas máximas são observados na fachada sul e variam entre 38,3°C e 41,3°C. Nota-se que, quanto mais quente a fachada, maior o impacto da refletância solar, enfatizando amplitudes significativas entre revestimentos com baixa e média refletividade.

A Figura 4 mostra a correlação linear entre temperatura superficial máxima e refletância solar de cada orientação, que calculada obteve coeficiente de -0,9 para leste e oeste, -0,7 para norte e -0,8 para sul. Constatando a forte relação inversamente proporcional entre as variáveis, principalmente para leste e oeste. Conforme a diminuição da refletância solar, há aumento da temperatura superficial, ressaltando que a refletância é o principal fator de influência do desempenho térmico dos materiais expostos à radiação solar (LEVINSON et al., 2005; SYNNEFA; SANTAMOURIS; APOSTOLAKIS, 2007).

A diferença na temperatura superficial máxima entre os revestimentos de maior e menor refletância deste estudo (AZE_LB e BR_LB) é de 15,1°C na fachada leste, 7,6°C na fachada norte, 18,9°C na fachada oeste e 3°C na fachada sul.

Tabela 3 - Refletância solar e temperatura superficial máxima (°C) das amostras.

Orientação		**Temperatura superficial máxima**			
Código	**Refletância solar** (%)	**Norte** (°C)	**Sul** (°C)	**Leste** (°C)	**Oeste** (°C)
AZE_LB	3,7	52,6	41,3	59,6	74,4
TE_TA	10,1	51,5	39,7	56,1	69,3
VE_LB	16,2	48,0	39,4	53,0	66,2
BE_TA	24,5	53,7	38,6	55,8	65,6
VEC_LA	31,3	51,2	38,8	52,1	63,0
GE_TA	39,5	41,5	37,1	41,1	53,6
BR_LB	50,5	45,0	38,3	44,5	55,5

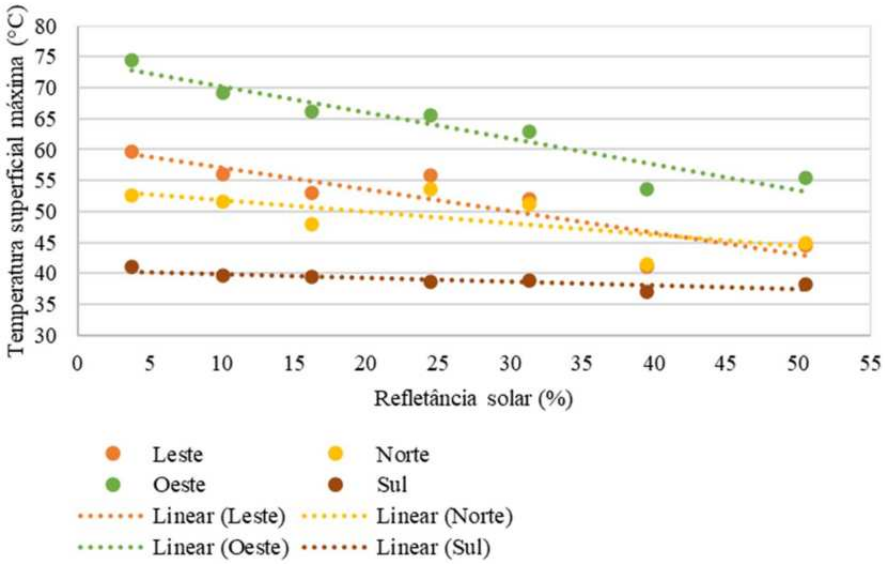


Figura 4 - Correlação linear entre refletância solar e temperatura superficial máxima.

Observou-se que, as temperaturas superficiais máximas dos revestimentos na fachada leste foram atingidas às 10h, quando a temperatura do ar atingiu 28,8°C. Já na fachada norte e sul ocorreram às 14h, com temperatura do ar à 32,4°C e na fachada oeste, às 16h com 32,9°C. Com isto, a Figura 5 mostra as diferenças entre as temperaturas superficiais máximas dos revestimentos e as temperaturas do ar em cada fachada.

Verifica-se a maior diferença de 41,5°C na fachada oeste. As maiores diferenças das demais fachadas são 30,8°C (leste), 20,2°C (norte) e 8,7°C (sul). Todas são observadas na amostra AZE_LB, que possui a menor refletância do estudo (3,7%). Em contrapartida, a amostra GE_TA, com refletância de 39,5%, possui diferença que varia entre 4,7°C e 20,7°C e a amostras BR_LB, com refletância de 50,5%, possui diferença que varia entre 5,9°C e 22,6°C.

Pode-se destacar comparações entre diferentes amostras em diferentes fachadas. As amostras: AZE_LB (leste) e VEC_LA (oeste), de cores azul escuro e verde claro, apresentam diferenças entre temperatura superficial máxima e temperatura média do ar de: 30,8°C e 30,1°C, respectivamente. As amostras: BE_TA (norte) e GE_TA (oeste), de cores bege e gelo, apresentam diferenças entre temperatura superficial máxima e temperatura média do ar de: 21,3°C e 20,7°C, respectivamente. As amostras: VE_LB (norte) e BR_LB (leste), de cores vermelha e branca, apresentam diferenças entre temperatura superficial máxima e temperatura média do ar de: 15,6°C e 15,7°C, respectivamente. As amostras: GE_TA (leste) e BR_LB (norte), de cores gelo e branca, apresentam diferenças entre temperatura superficial máxima e temperatura média do ar de: 12,3°C e 12,6°C, respectivamente. E, por fim, nenhuma amostra na orientação sul gera comparação. As diferenças nesta fachada variam entre 4,7° e 8,7°C, permanecendo abaixo de todas as amostras nas demais fachadas.

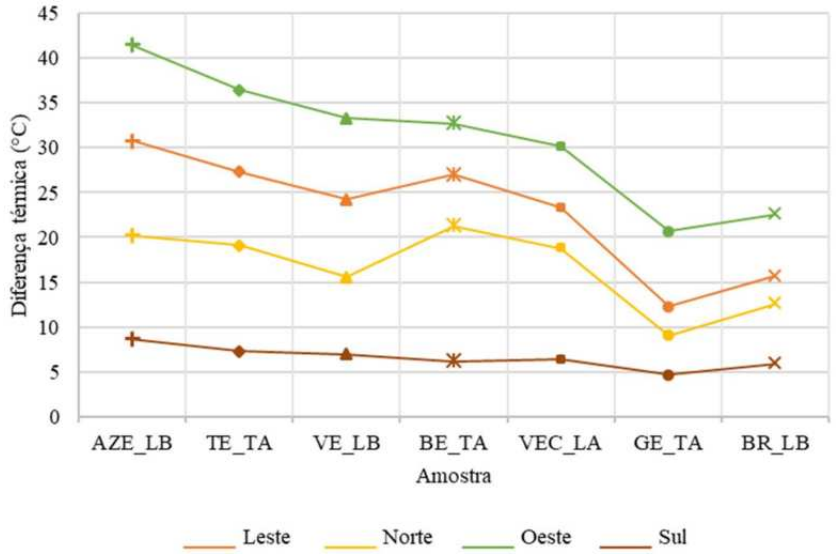


Figura 5. Diferença entre temperatura superficial máxima dos revestimentos e temperatura do ar média (°C), nas fachadas.

5. CONCLUSÕES

Revestimentos cerâmicos com diferentes refletâncias solares, utilizados usualmente em fachadas urbanas, foram analisados nesta pesquisa. Avaliou-se as orientações norte, sul, leste e oeste para compreender o comportamento térmico das superfícies verticais.

Observou-se nos resultados que as cores claras apresentaram maiores refletâncias solares, gerando menor aquecimento da superfície. As temperaturas superficiais máximas dos revestimentos de maior e menor refletância (AZE_LB e BR_LB) podem alcançar a diferença de até 18,9°C (fachada oeste). É importante destacar o impacto da orientação solar no desempenho térmico da superfície, pois, na fachada sul, estas mesmas amostras possuem apenas 3°C de diferença entre si.

A amostra AZE_LB, de cor azul escuro, com refletância de 3,7%, registrou na fachada oeste a maior temperatura deste estudo, com 74,4°C. A coleta das temperaturas superficiais das 16h apontou a maior média da fachada oeste, com 63,9°C. Além disso, entre 22h e 24h, com 20,8ºC, tem-se a maior diferença térmica desta fachada. Constatou-se que, a fachada oeste apresenta diferenças significativas nos períodos tarde e noite. A fachada leste também apresentou diferença térmica significativa (30°C), porém durante a manhã, entre 10h e 12h. Para as fachadas oeste e leste é expressiva a correlação linear entre as temperaturas superficiais máximas e as refletâncias solares indicado pelo coeficiente de -0,9, ou seja, quanto maior a refletância solar menor a temperatura superficial máxima.

Em contrapartida, a amostra GE_TA, de cor gelo, com refletância de 39,5%, registrou na fachada sul a menor temperatura máxima, com 37,1°C, comparada com as demais amostras e nas demais fachadas. A fachada sul apresentou menor ganho de calor e mais estabilidade analisando a diferença entre temperatura superficial máxima e temperatura do ar, que varia entre 4,7° e 8,7°C.

Com estes resultados, ressalta-se que, a refletância solar dos revestimentos pode impactar significativamente na temperatura superficial, principalmente quanto mais esta superfície estiver sujeita ao ganho de calor pela exposição solar. Enquanto a diferença entre temperatura superficial máxima e temperatura do ar da amostra de menor refletância (AZE_LB) é de 8,7°C na fachada sul, na fachada oeste é de 41,5°C.

O trabalho realizado indica a integração entre a orientação solar da fachada e o material utilizado. Assim, o estudo prévio da orientação se faz necessário para se ter menor impacto ambiental e ao mesmo tempo maior liberdade de escolha dos revestimentos. Como aprofundamento, recomenda-se o desenvolvimento de análises estatísticas e simulações computacionais de modelos urbanos, para gerar resultados mais explícitos e guiar planejadores urbanos na implementação de diretrizes construtivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKBARI, H.; MATTHEWS, H. D.; SETO, D. The long-term effect of increasing the albedo of urban areas. **Environmental Research Letters**, 2012.

ALCHAPAR, N. L. et al. The impact of different cooling strategies on urban air temperatures: the cases of Campinas, Brazil and Mendoza, Argentina. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 130, n. 1–2, p. 35–50, 2017.

ALCHAPAR, N. L.; CORREA, E. N. Optothermal properties of façade coatings. Effects of environmental exposure over solar reflective index. **Journal of Building Engineering**, v. 32, n. May, p. 101536, 2020.

ALCHAPAR, N. L.; CORREA, E. N.; CANTÓN, M. A. Classification of building materials used in the urban envelopes according to their capacity for mitigation of the urban heat island in semiarid zones. **Energy and Buildings**, v. 69, p. 22–32, 2014.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C1864-17R2022**. Standard Teste Method for Determination of Solar Reflectance od Directionally Reflective Material Using Portable Solar Reflectometer. v. 04.06, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR15220-1**: desempenho térmico de edificações - parte 1: definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro: [s.n.]. Disponível em: <www.abnt.org.br>.

CETESB. **Qualidade do ar**. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/ar/qualar/. Acesso em: 2022.

DORNELLES. **Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e pva**. [s.l: s.n.].

DORNELLES, K. A.; RORIZ, M. Métodos alternativos para identificar a absortância solar de superfícies opacas. **Ambiente Construído**, n. 16, p. 109–127, 2007.

DOULOS, L.; SANTAMOURIS, M.; LIVADA, I. Passive cooling of outdoor urban spaces. The role of materials. **Solar Energy**, v. 77, n. 2, p. 231–249, 2004.

ERELL, E. et al. Effect of high-albedo materials on pedestrian heat stress in urban street canyons. **Urban Climate**, v. 10, n. P2, p. 367–386, 2014.

GARSHASBI, S. et al. Urban mitigation and building adaptation to minimize the future cooling energy needs. **Solar Energy**, v. 204, n. March, p. 708–719, 2020.

GEORGAKIS, C.; ZORAS, S.; SANTAMOURIS, M. Studying the effect of "cool" coatings in street urban canyons and its potential as a heat island mitigation technique. **Sustainable Cities and Society**, v. 13, p. 20–31, 2014.

KINOSHITA, S.; YOSHIDA, A. Investigating performance prediction and optimization of spectral solar reflectance of cool painted layers. **Energy and Buildings**, v. 114, p. 214–220, 15 fev. 2016.

LEVINSON, R. et al. Effects of soiling and cleaning on the reflectance and solar heat gain of a light-colored roofing membrane. **Atmospheric Environment**, v. 39, n. 40, p. 7807–7824, dez. 2005.

LEVINSON RONNEN. Using solar availability factors to adjust cool-wall energy savings for shading. **Solar Energy**, 2019.

LOBACCARO, G.; FRONTINI, F. Solar energy in urban environment: How urban densification affects existing buildings. **Energy Procedia**. Anais...Elsevier Ltd, 2014.

MUNIZ-GÄAL, L. P. et al. Eficiência térmica de materiais de cobertura. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 1, p. 503–518, 2018.

PAOLINI, R. et al. Natural aging of cool walls: Impact on solar reflectance, sensitivity to thermal shocks and building energy needs. **Energy and Buildings**, v. 153, p. 287–296, 15 out. 2017.

PEREIRA, C. D. et al. Relatório de Avaliação do Espectrômetro Portátil ALTA II. Florianópolis: [s.n.].

PEREZ, G. et al. **Catalogue of Urban Surface Finish Materials: Optimizing Solar Energy Management in Latin American Cities Located in Different Climatic Zones**. Chile: [s.n.].

PISELLO, A. L. et al. Combined thermal effect of cool roof and cool façade on a prototype building. **Energy Procedia**. Anais...Elsevier Ltd, 1 nov. 2015.

SANTAMOURIS, M.; SYNNEFA, A.; KARLESSI, T. Using advanced cool materials in the urban built environment to mitigate heat islands and improve thermal comfort conditions. **Solar Energy**, v. 85, n. 12, p. 3085–3102, 2011.

SANTAMOURIS, M.; YUN, G. Y. Recent development and research priorities on cool and super cool materials to mitigate urban heat island. **Renewable Energy**, v. 161, p. 792–807, 2020.

SANTOS, E. I.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R. **Influência do ambiente de medição sobre a verificação da absortância de superfícies opacas utilizando um espectrômetro portátil**. X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, p. 660–669, 2009.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local climate zones for urban temperature studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 93, n. 12, p. 1879–1900, 2012.

SYNNEFA, A. et al. On the use of cool materials as a heat island mitigation strategy. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 47, n. 11, p. 2846–2856, 1 nov. 2008.

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

TAHA, H. Urban climates and heat islands: Albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. **Energy and Buildings**, v. 25, n. 2, p. 99–103, 1997.

YAGHOOBIAN NEDA; KLEISSL JAN. Effect of reflectiva pavements on building energy use. **Urban Climate**, 2012.

ZHU JIAJIE; JAHN WOLFRAM; REIN GUILLERMO. Computer simulation of sunlight concentration due to façade shape. **Journal of Building Performance Simulation**, 2019.