ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Temperatura superficial e absortância solar de materiais de pavimentação de parque urbano em São Carlos-SP

Surface temperature and solar absorption of paving materials in an urban park in São Carlos-SP

Kamyla Jannine Costa Barros
Universidade de São Paulo| São Carlos | Brasil | kamylabarros@usp.br
Kelen Almeida Dornelles
Universidade de São Paulo | São Carlos | Brasil | kelend@usp.br

Resumo

As superfícies urbanas têm sido fatores de alteração do microclima das cidades e na concepção de Ilhas de Calor Urbanas (ICU). Este estudo teve como objetivo analisar a temperatura superficial de oito tipos de materiais para recobrimento do solo de um parque urbano na cidade de São Carlos-SP, relacionando-as com a absortância solar das mesmas. A temperatura superficial dos materiais foi aferida através de um termo visor 870-2 TESTO e as medições de refletância solar foram realizadas por meio de um espectrômetro portátil ALTA II e posteriormente determinou-se a absortância solar. As medições de temperatura superficial foram realizadas em dois horários (9h e 12h) em um único dia. Comparando os dados de temperatura superficial e absortância solar, percebe-se que os materiais de recobrimento do solo que apresentam maiores valores de temperatura superficial são os que possuem maiores valores de absortância solar. Por fim, este trabalho contribui para a análise de características térmicas de materiais de recobrimento do solo em superfícies urbanas.

Palavras-chave: Temperatura superficial. Absortância solar. Pavimentos. Recobrimento do solo.

Abstract

Urban surfaces have been factors in altering the microclimate of cities and in the design of Urban Heat Islands (ICU). This study aimed to analyze the surface temperature of eight types of materials for covering the soil of an urban park in the city of São Carlos-SP, relating them to their solar absorptance. The surface temperature of the materials was measured using a TESTO 870-2 thermal display and solar reflectance measurements were carried out using an ALTA II portable spectrometer and the solar absorptance was subsequently determined. Surface temperature measurements were carried out at two times (9 am and 12 pm) on a single day. Comparing the surface temperature and solar absorption data, it is clear that the soil covering materials that present higher surface temperature values are those with higher solar absorption values. Finally, this work contributes to the analysis of thermal characteristics of soil covering materials on urban surfaces.

Keywords: Surface temperature. Solar absorption. Flooring. Soil covering.

Como citar:
BARROS, K. J. C., DORNELLES, K. A. Temperatura superficial e absortância solar de materiais de pavimentação de parque urbano em São Carlos-SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

INTRODUÇÃO

O clima urbano é estabelecido pela densidade construída, que se sujeita principalmente à população e estrutura urbana. A Ilha de Calor Urbana (ICU) é o fenômeno de clima urbano mais referenciado e está relacionado à diferença de temperatura do ar (ºC) entre as áreas internas densamente povoadas da cidade e as vizinhanças fora da cidade [1][2].

As coberturas de superfícies artificiais, edifícios e atividades humanas concentradas em cidades alteram consideravelmente os componentes de radiação do balanço de energia e do vento próximo à superfície, gerando então o clima único das cidades [3][4][5]. A propriedade que está diretamente relacionada ao ganho de calor das superfícies é a absortância solar, a qual indica a quantidade da radiação incidente na superfície que é absorvida e não refletida. Essa característica permite que a utilização de materiais demasiadamente refletivos funcione como estratégia passiva para amenizar os efeitos negativos das ilhas urbanas de calor [6].

Os diferentes tipos de materiais empregados nas construções possuem comportamentos e propriedades próprios, com padrões diferenciados de refletância solar ou de albedos, os quais irão interferir na quantidade de radiação absorvida, provocando a elevação da temperatura [7]. Estudos acerca da climatologia urbana e o conforto ambiental humano em espaços abertos necessitam, entre outros fatores, dos efeitos das propriedades térmicas dos pavimentos urbanos [8].

Um estudo analisou a influência do tipo de material e do sombreamento na temperatura superficial da pavimentação e no conforto urbano na cidade de Macapá-AP. Concluiu-se que a pavimentação asfáltica convencional comumente utilizada nas cidades brasileiras apresenta temperaturas médias superiores às do concreto [9]. Outro trabalho comparou a temperatura superficial entre um pavimento revestido com tinta látex azul e um pavimento convencional. O objetivo dessa comparação foi identificar a influência dos tratamentos superficiais no desempenho da superfície pavimentada. O estudo concluiu que a utilização de tinta látex à base de água como tratamento superficial resulta em melhoria instantânea na redução da temperatura da superfície [10].

Assim, como a temperatura superficial e a absortância solar possuem relação com a incidência direta da radiação solar, este trabalho apresenta a análise da correlação entre os comportamentos dessas propriedades dos pavimentos utilizados em um parque urbano situado na cidade de São Carlos, interior do estado de São Paulo.

OBJETIVO

Este estudo teve como objetivo analisar a temperatura superficial de oito tipos de materiais para recobrimento do solo de um parque urbano na cidade de São Carlos-SP, relacionando-as com a absortância solar das mesmas.

MÉTODO

O método utilizado apresenta três procedimentos principais:

1. Caracterização climática de São Carlos;
2. Apresentação do parque e materiais analisados;
3. Medições e análise de dados.

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DE SÃO CARLOS

São Carlos está localizada no interior do estado de São Paulo, Sudeste brasileiro, a cerca de 232 km da capital. Situa-se a 22°09’30” da latitude Sul e 47°53’28” de longitude Oeste. De acordo com o Zoneamento bioclimático brasileiro, São Carlos localiza-se na Zona Bioclimática 4 [11]. De acordo com a classificação de Koppen, o clima configura-se como Cwa.i – Awi, o que significa que a cidade apresenta clima quente de inverno seco com transição para tropical com verão úmido e inverno seco [12].

APRESENTAÇÃO DO PARQUE E MATERIAIS ANALISADOS

O objeto de estudo desse trabalho é o Parque Antenor Garcia Ferreira, mais conhecido como Parque do Kartódromo, situado no bairro Jardim Nova Santa Paula, na cidade de São Carlos-SP (Figura 1).

Figura 1: Localização do Parque do Kartódromo



Fonte: as autoras, adaptado de Prefeitura Municipal de São Carlos (2016) e Google Maps.

O Parque do Kartódromo é um espaço público destinado a práticas esportivas e atividades de lazer (Figura 2). O parque apresenta diferentes tipos de materiais de recobrimento do solo e a Figura 3 exibe os materiais analisados neste trabalho.

Figura 2: Áreas do Parque do Kartódromo



Fonte: as autoras.

Figura 3: Mapa de materiais de recobrimento do solo



Fonte: as autoras.

AFERIÇÕES E ANÁLISE DE DADOS

Os dados de temperatura superficial foram obtidos através de aferições com o termovisor 870-2 TESTO, o qual era direcionado à superfície a ser analisada e capturada a imagem, tratada posteriormente no *software* da própria câmera, exibindo os índices de temperatura (máximas e mínimas). Foram capturadas as temperaturas máximas e mínimas dos diferentes tipos de pavimentos, nos horários pré-estabelecidos para medições (9h e 12h) no dia 21 de setembro de 2021 e a partir disso, foram calculadas as temperaturas médias de cada pavimento em cada horário. A Tabela 1 apresenta os equipamentos utilizados e suas informações técnicas.

Tabela 1: Equipamentos utilizados para medições

	Termovisor 870-2 TESTO	Espectrômetro ALTA II
Equipamento		
Informações técnicas	Resolução infravermelha: 160x120 pixels Tecnologia super resolution: 320x240 pixels Sensibilidade térmica: < 100mK Câmera digital integrada: 3,1 megapixels	Radiação de 11 comprimentos de onda entre 470 e 940 nm

Fonte: as autoras.

Para a determinação da absortância solar dos materiais foi realizada a medição da refletância através do espectrômetro ALTA II. Nessas medições, o equipamento captura onze comprimentos de onda, os quais estão compreendidos entre 470 e 940 nm. É fundamental que o equipamento seja coberto por um aparato escuro de tecido, no momento da medição, para que a radiação solar incidente não cause interferências nos dados alcançados através das lâmpadas de LED do equipamento [13]. Assim, foi utilizado um aparato escuro, fabricado em tecido preto, como forma de impossibilitar a interferência de qualquer radiação externa.

Os valores apresentados pelo ALTA II não são os valores absolutos relativos à refletância, o equipamento aponta a voltagem, sendo assim para que possa atingir o índice pretendido é necessário cumprir o procedimento determinado a seguir [14]:

1. Mede-se a voltagem de fundo do equipamento, para que seja feita a calibração do aparelho e a partir disso realizar as medições de cada pavimento;
2. Mede-se as voltagens para cada comprimento de onda para uma amostra de referência de refletância e absortância conhecidas;
3. Afere-se as voltagens para cada comprimento de onda, três vezes para cada amostra, com a finalidade de aumentar a confiabilidade dos dados obtidos;
4. Calcula-se a refletância de cada pavimento utilização a Equação 1:

$$\rho\ amostra = \left(\frac{V\ amostra - V\ fundo}{V\ referência - V\ fundo}\right) x\ \rho\ referência$$

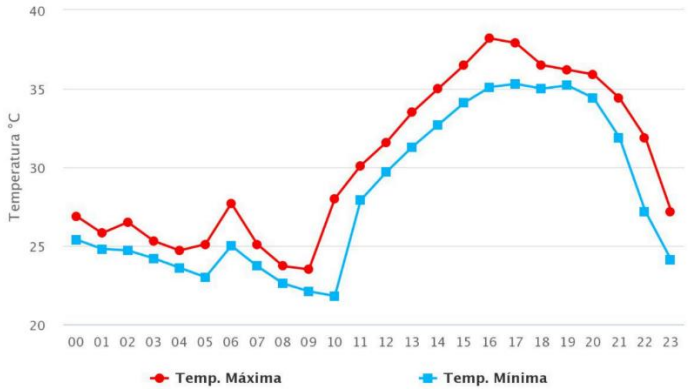
Sendo:
ρ amostra: refletância da amostra, para cada comprimento de onda (%);
V amostra, voltagem da amostra (mV), para cada comprimento de onda;
V fundo: voltagem de fundo (mV);
V referência: voltagem da amostra de referência (mv);
ρ referência: refletância da amostra de referência, por comprimento de onda (%).

A partir disso, os dados de absortância solar foram determinados com base nos valores de refletância solar, levando-se em consideração que a somatória dos dois valores é igual a um.

RESULTADOS

A partir das aferições realizadas com o uso do termovisor foi possível obter os dados de temperatura superficial dos pavimentos nos horários de 9h e 12h. A Figura 4 indica a variação da temperatura do ar no dia 21 de setembro de 2021. É possível observar que neste dia os valores de temperatura, durante a maior parte do dia, mantiveram-se elevados. O período entre 11h e 20h demonstrou variação de temperatura entre 28°C e 38°C, atingindo cerca de 38°C às 16h.

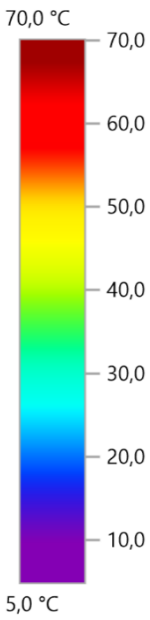
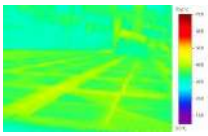
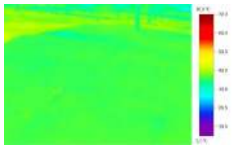
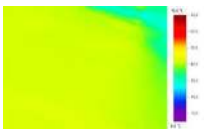
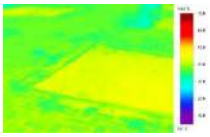
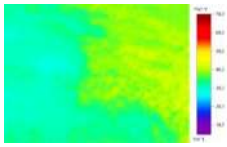
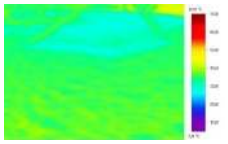
Figura 4: Temperatura por hora – Estação São Carlos (A711)



Fonte: INMET (2021).

O Quadro 1 mostra as imagens termográficas e reais de cada tipo de pavimento durante as medições realizadas às 9h. Vale salientar que as medições foram realizadas em condições de céu claro, sem a presença de nuvens.

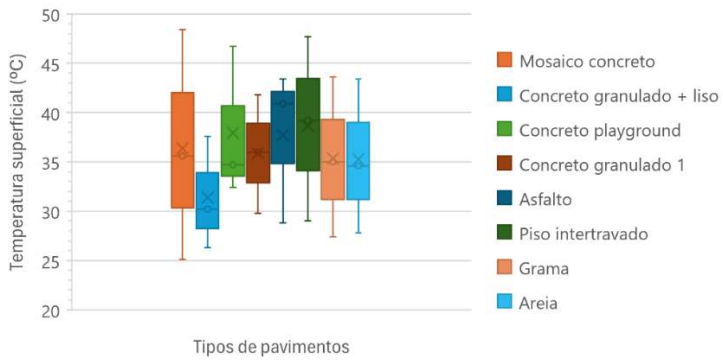
Quadro 1: Temperatura superficial – 9h

Temperatura superficial – 9h					
	Mosaico concreto	Concreto granulado + liso	Concreto playground	Concreto granulado	Escala termográfica
Real					
Termográfica					
	Asfalto	Piso intertravado	Grama	Areia	
Real					
Termográfica					

Fonte: as autoras.

A Figura 5 exibe a variação da temperatura superficial dos pavimentos analisados às 9h. Os valores variaram de 25,1°C a 48,4°C. Desse modo, é possível notar que a temperatura superficial dos pavimentos atingiu valores superiores aos valores de temperatura do ar registrado neste dia, os quais variaram de 23°C a 38°C. O mosaico de concreto foi o pavimento que apresentou a maior variação de temperatura nesse horário. A exposição total à radiação solar, como também as diferentes cores que compõem esse mosaico podem ser fatores que contribuíram para esse comportamento da temperatura superficial.

Figura 5: Variação de temperatura superficial dos pavimentos às 9h

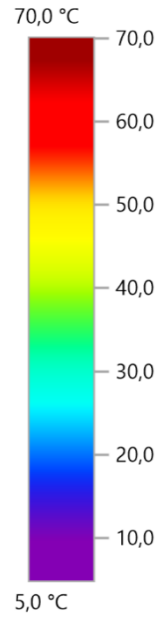
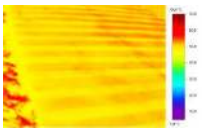
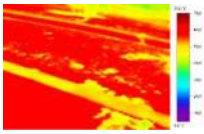
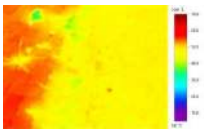
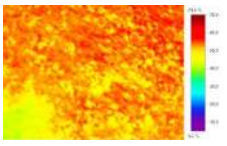
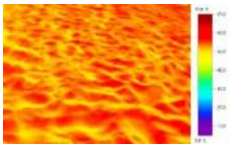


Fonte: as autoras.

O concreto granulado + liso[1] apresentou a menor variação de temperatura, entre 26,3ºC e 37,6ºC. Vale salientar que a área analisada estava sujeita às condições de sombreamento parcial. Esse fator pode ter contribuído para esse comportamento da temperatura, visto que na imagem termográfica percebe-se que a área completamente exposta à radiação solar direta é a área que apresenta os maiores valores de temperatura desta análise. Os demais pavimentos averiguados demonstraram variações entre 27,4ºC e 47,7ºC.

O Quadro 2 apresenta as imagens termográficas e reais de cada tipo de pavimento durante as medições realizadas às 12h. Os valores variaram de 33,6ºC (piso intertravado) a 63,7ºC (asfalto). Analisando as imagens termográficas é possível perceber que o asfalto, a grama e a areia foram os pavimentos que apresentaram as temperaturas mais elevadas. As medições nesse horário foram realizadas em áreas completamente expostas à radiação solar, o que também pode ter contribuído no comportamento da temperatura superficial desta análise.

Quadro 2: Temperatura superficial – 12h

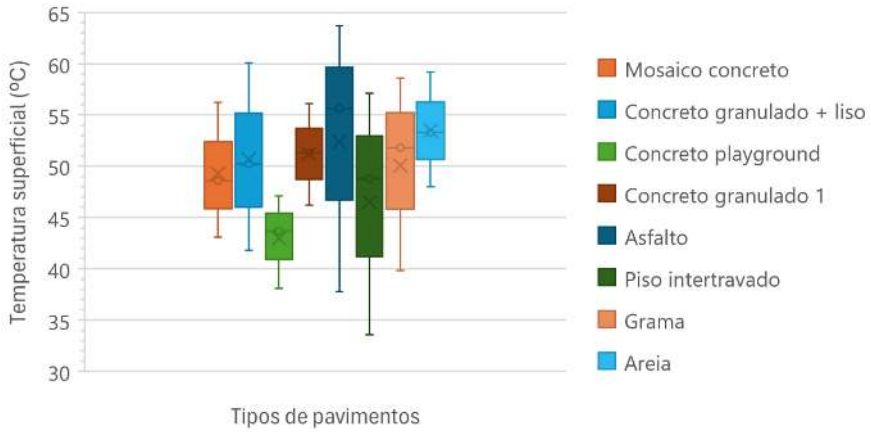
Temperatura superficial – 12h					
	Mosaico concreto	Concreto granulado + liso	Concreto playground	Concreto granulado	Escala termográfica
Real					
Termográfica					
	Asfalto	Piso intertravado	Grama	Areia	
Real					
Termográfica					

Fonte: as autoras.

A Figura 6 mostra a variação de temperatura superficial dos pavimentos às 12h. O piso intertravado foi o pavimento que apresentou a menor temperatura superficial neste horário (33,6ºC), enquanto o asfalto atingiu 63,7ºC, registrando a maior temperatura superficial. Os demais pavimentos analisados apresentaram variações entre 38,1ºC e 60,1ºC, sendo o concreto *playground* o pavimento que apresentou a menor variação (9ºC) e o asfalto o pavimento com maior variação, cerca de 25,9ºC.

[1] Concreto granulado + liso foi a denominação adotada para uma composição de piso com faixas intercaladas de concreto com brita e concreto liso.

Figura 6: Variação de temperatura superficial dos pavimentos às 12h



Fonte: as autoras.

Analisando a absortância solar dos pavimentos de forma geral (Tabela 2), constata-se que os valores variam de 0,71 a 0,93, sendo o asfalto o pavimento com maior absortância solar dentre os pavimentos do parque. Estabelecendo uma correlação entre os dados de absortância e temperatura superficial média nos horários analisados, percebe-se que o pavimento que apresentou maiores temperaturas nos dois horários analisados (asfalto), também apresentou o maior valor de absortância solar.

Tabela 2: Dados de absortância

Pavimento	Absortância	Temp. média 9h	Temp. média 12h
Mosaico concreto	0,71	35,6	48,6
Concreto *playground*	0,78	34,7	43,7
Areia	0,79	34,6	53,3
Piso intertravado	0,88	39,2	48,8
Grama	0,88	35	51,8
Concreto granulado + liso	0,90	30,2	50,2
Concreto granulado	0,91	36	51,3
Asfalto	0,93	40,9	55,6

Fonte: as autoras.

O pavimento que apresentou a menor temperatura superficial média às 9h (concreto granulado + liso), apresentou um valor de absortância solar elevado, porém, como citado anteriormente, o sombreamento pode ter influenciado nesse comportamento, em específico, da temperatura superficial. O pavimento com menor absortância foi o mosaico de concreto (0,71), que apesar de não apresentar as menores temperaturas médias nos horários analisados, os valores obtidos ainda foram cerca de 5ºC e 12ºC de diferença dos maiores valores encontrados.

CONCLUSÕES

A partir das medições de temperatura superficial dos diferentes tipos de materiais de recobrimento do solo do Parque do Kartódromo foi possível fazer uma análise do comportamento dessa temperatura nos horários de 9h e 12h no dia 21 de setembro de 2021. Além disso, foi possível relacionar os dados de temperatura superficial com os dados de absortância solar.

Os dados de temperatura superficial dos pavimentos apresentaram uma variação de cerca de 12ºC no período de 9h, enquanto às 12h a variação foi de aproximadamente 17ºC, possibilitando afirmar que a exposição solar direta, em especial nas análises onde não ocorreu nenhum tipo de sombreamento, a temperatura superficial atingiu valores mais elevados.

Comparando os dados de temperatura superficial e absortância solar, percebe-se que os materiais de recobrimento do solo que apresentam os maiores valores de absortância solar (asfalto e concreto granulado), são os mesmo que atingiram maiores valores de temperatura superficial. Por outro lado, o pavimento que apresentou menor absortância (mosaico de concreto), não foi o pavimento que apresentou as menores temperaturas médias, porém os valores obtidos foram de cerca de 5ºC e 12ºC de diferença dos maiores valores encontrados.

Por fim, este trabalho contribui para a análise de características térmicas de recobrimento do solo em superfícies urbanas. Percebe-se que o sombreamento contribui diretamente na diminuição dos valores de temperatura superficial dos pavimentos e isso também pode interferir no comportamento dos usuários. Assim, o planejamento de parques urbanos deve sempre levar em consideração a localização da inserção dos materiais e como a exposição solar direta tende a interferir no comportamento da temperatura superficial dos pavimentos.

AGRADECIMENTOS

Ao apoio financeiro oferecido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

[1] MUSHTAHA, Emad *et al*. Um estudo do impacto dos principais fatores urbanos da ilha de calor em um pátio de clima quente: o caso da Universidade de Sharjah, Emirados Árabes Unidos. **Cidades e Sociedade Sustentáveis**, v. 69, p. 102844, 2021.

[2] OKE, Tim R. Tamanho da cidade e ilha de calor urbana. **Ambiente Atmosférico (1967)**, v. 7, n. 8, pág. 769-779, 1973.

[3] LITARDO, Jacqueline *et al*. Intensidade da Ilha de Calor Urbana e necessidades energéticas dos edifícios em Duran, Equador: Estudos de simulação e proposta de estratégias de mitigação. **Cidades e sociedade sustentáveis**, v. 62, p. 102387, 2020.

[4] TIAN, Liu *et al*. Revisão sobre ilha de calor urbana na China: Métodos, seu impacto na demanda de energia dos edifícios e estratégias de mitigação. **Sustentabilidade**, v. 13, n. 2, pág. 762, 2021.

[5] YANG, Xiaoshan *et al*. Impacto da ilha de calor urbana na demanda de energia em edifícios: zonas climáticas locais em Nanjing. **Energia Aplicada**, v. 260, p. 114279, 2020.

[6] 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.

[7] ROMERO, Marta; BAPTISTA, Gustavo; LIMA, Erondina; WERNECK, Daniela; VIANNA, Elen; SALES, Gustavo. Mudanças Climáticas e Ilhas de Calor Urbanas. Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 1º ed, Brasília, 151 p, 2019.

[8] KOWALSKI, Luiz Fernando; MASIERO, E. Estudo comparativo de sistemas de medições de temperatura superficial de pavimentos urbanos. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, São Paulo, SP**, v. 8, n. 61, p. 15-28, 2020.

[9] CELIS, Anneli Maricielo Cárdenas et al. ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA SUPERFICIAL DA PAVIMENTAÇÃO EM CLIMA EQUATORIAL ÚMIDO. ESTUDO DE CASO. **ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, v. 16, p. 509-518, 2021.

[10] KOWALSKI, Luiz Fernando et al. INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO SUPERFICIAL NA TEMPERATURA DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS URBANOS. **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, v. 18, n. 1, p. 1-8, 2020.

[11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15.220-3 Desempenho térmico de edificações**. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

[12] TOLENTINO, Mario. **Estudo crítico sobre o clima da região de São Carlos**. São Carlos: edUFSCAR; São Paulo, 76 p., 2007.

[13] PEREIRA, C. D.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R.; GÜTHS, S.; GHISI, E. Avaliação experimental do espectrômetro Alta II e sua aplicação na normatização brasileira. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 197-213, out./dez. 2017.

[14] DORNELLES, K. A. **Absortância Solar em Superfícies Opacas**: Métodos de Determinação e Base de Dados para Tintas Látex Acrílica e PVA. 2008. 160 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.