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

Efeito do envelhecimento natural na absortância solar de telhas de concreto após 3 anos de exposição ao intemperismo

Efecto del envejecimiento natural en la absorbancia solar de tejas de concreto después de 3 años de exposición al intemperismo

Effect of natural aging on solar absorptance of concrete roof tiles after 3 years of weathering exposure

4-Desempenho térmico do ambiente construído

Hidalgo-Araujo, Ana Carolina
Doutoranda, IAU-USP, São Carlos, Brasil, ana.hidalgo.araujo@usp.br

Almeida Dornelles, Kelen
Professora doutora, IAU-USP, São Carlos, Brasil, kelend@usp.br

Resumo

O envelhecimento natural de materiais construtivos afeta diretamente o desempenho térmico e a eficiência energética das edificações. Este estudo analisou a degradação da absortância solar em telhas de concreto, após três anos de exposição em São Carlos (SP). Foram avaliadas telhas convencionais e pigmentadas, novas e envelhecidas, em todo o espectro solar. Telhas claras apresentaram aumento significativo na absortância, sobretudo nas faixas UV e visível. Já as escuras sofreram desbotamento, reduzindo a absortância total. A alta correlação entre os dados experimentais e a equação da norma NBR 15575 (R = 0.84) confirma a aplicabilidade da norma na previsão da degradação óptica. O estudo contribui para a compreensão do desempenho térmico desses materiais ao longo do tempo e para o desenvolvimento de soluções mais duráveis e energeticamente eficientes.

Palavras-chave: Envelhecimento natural. Telhas de concreto. Absortância solar. Desempenho térmico.

Resumen

El envejecimiento natural de materiales de construcción compromete el desempeño térmico y la eficiencia energética. Este estudio evaluó la degradación de la absortancia solar en tejas de concreto tras tres años de exposición en São Carlos (SP). Se analizaron tejas convencionales y pigmentadas, nuevas y envejecidas, en todo el espectro solar. Las tejas claras aumentaron su absortancia, especialmente en UV y visible, mientras que las oscuras se decoloraron, reduciendo la absortancia total. La alta correlación con la norma NBR 15575 (R = 0,84) confirma su validez para prever la degradación óptica. El estudio apoya el desarrollo de soluciones más durables y eficientes.

Palabras clave: Envejecimiento natural. Tejas de concreto. Absortancia solar. Desempeño térmico.

Abstract

The natural aging of construction materials affects thermal performance and energy efficiency. This study assessed solar absorptance degradation in concrete tiles after three years of exposure in São Carlos (SP), Brazil. Conventional and pigmented tiles, both new and aged, were analyzed across the solar spectrum. Light tiles showed increased absorptance, especially in UV and visible ranges, while dark tiles faded, lowering total absorptance. The strong correlation with the NBR 15575 equation (R = 0.84) confirms its reliability in predicting optical degradation. The study supports the development of more durable and efficient materials.

Keywords: Natural aging. Concrete tiles. Solar absorptance. Thermal performance.

Introdução

A expansão das áreas pavimentadas e a redução da vegetação nas cidades aumentam a absorção de radiação solar pelas superfícies urbanas, contribuindo para a formação das ilhas de calor (Santamouris *et al.*, 2011). Esse fenômeno é especialmente preocupante em regiões de clima predominantemente quente, como grande parte do Brasil (ABNT, 2005). Em edificações de poucos pavimentos, a cobertura é o elemento que mais recebe radiação solar ao longo do dia, podendo representar até 60% do ganho térmico em casas térreas durante o verão em baixas latitudes (Maestri, 2017; Pereira, 2014). Aproximadamente 87% da energia térmica transmitida pela cobertura está relacionada às propriedades ópticas dos materiais (Cowan, 1973), especialmente à refletância solar, que indica a fração da energia solar refletida pela superfície, enquanto o restante é absorvido (Dornelles, 2008).

Devido à inclinação, as coberturas estão mais expostas à radiação UV e ao acúmulo de poeira, o que acelera sua degradação, alterando suas propriedades ópticas originais (Berdahl *et al.*, 2008). Os principais fatores que contribuem para esse envelhecimento natural são a radiação solar, que deteriora a superfície; as altas temperaturas, que intensificam reações químicas e causam dilatações térmicas; os ventos, que podem provocar rachaduras; e as chuvas, que, embora removam sujeira, favorecem o crescimento de fungos em áreas com má drenagem. Poluentes e gases atmosféricos também impactam a durabilidade das telhas, podendo formar compostos corrosivos ou escurecer as superfícies, o que reduz a refletância solar, especialmente em zonas urbanas (Cheng *et al.*, 2012; Algarni; Nutter, 2015; Dornelles *et al.*, 2015). Estudos mostram que o maior desgaste das telhas ocorre em períodos secos, devido ao acúmulo de material particulado que não é removido pela chuva (Berdahl *et al.*, 2008; Araujo, 2022). Além disso, a aderência de partículas, principalmente em superfícies porosas, afeta a absortância solar, mesmo após a precipitação.

Pesquisas sobre o impacto do envelhecimento natural no envelope construtivo ganharam destaque na América do Norte e na Europa principalmente a partir dos anos 1990 (Anderson, 1992; Byerley *et al.*, 1994). No Brasil, somente em 2021 a NBR 15575-1 passou a recomendar o monitoramento da degradação da absortância solar em coberturas e fachadas, visando avaliar o desempenho térmico dessas superfícies ao longo do tempo, impulsionando estudos já iniciados no país. Shirakawa *et al.* (2018) investigaram telhas de fibrocimento expostas por 1 ano em quatro cidades, constatando uma redução na refletância solar, especialmente em Pirassununga, SP, devido à colonização por organismos fototróficos. Krelling *et al.* (2019)

analisaram telhas de fibrocimento em Florianópolis e observaram que o envelhecimento natural aumentou as cargas térmicas em até 9.4%. Kowalski e Masiero (2021) avaliaram pavimentos de concreto pigmentado após 5 anos de exposição, identificando uma redução na absortância solar nos pavimentos claros e aumento nos escuros.

Araujo e Dornelles (2022a) e Hidalgo-Araujo *et al*. (2023) analisaram o impacto do envelhecimento em telhas cerâmicas esmaltadas, constatando que telhas inicialmente frias aumentaram 112% sua absortância solar após 24 meses e 168.75% após 36 meses, resultando em um aumento de 54.82% no consumo energético anual. Em outro estudo, abrangendo telhas cerâmicas e de concreto, as mesmas autoras observaram que a luminosidade (L*) foi o parâmetro de cor mais afetado pelo intemperismo, apresentando a maior correlação com a absortância solar (α_{solar}) em telhas expostas em São Carlos, SP (Hidalgo-Araujo; Dornelles, 2023). Cândido *et al.* (2023) destacaram que altos valores de absortância solar elevam o desconforto térmico por calor em até 24.74%. Por outro lado, Cavalcanti e Monteiro (2023) ressaltaram que fachadas claras, apesar da degradação, mantiveram melhor desempenho térmico ao longo do tempo.

Neste contexto, observa-se uma crescente necessidade de compreender e monitorar os efeitos do envelhecimento natural no desempenho térmico das edificações. Conforme discutido anteriormente, o envelhecimento natural do envelope construtivo, particularmente nas coberturas, afeta diretamente o conforto térmico dos usuários e o desempenho térmico dos edifícios. Portando, controlar o aquecimento dessa face da envoltória é uma estratégia eficaz para reduzir a transferência de calor indesejada para o interior das edificações.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o impacto da degradação natural nas propriedades de absortância solar e refletância espectral, ao longo de todo o espectro solar, em telhas de concreto convencionais e pigmentadas, expostas por três anos em uma estação de envelhecimento natural na cidade de São Carlos, SP. Embora haja uma grande quantidade de pesquisas sobre o tema, ainda são poucos os estudos que abordam esses materiais em específico e analisam seus impactos nas diferentes faixas do espectro solar. Os capítulos seguintes detalham a metodologia adotada e os resultados obtidos.

Materiais e métodos

Localização

As amostras foram expostas em uma estação de envelhecimento previamente desenvolvida pelas autoras (Araujo; Dornelles, 2022b), localizada em uma área aberta do Laboratório de Conforto Ambiental (LCA) do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da USP (IAU-USP), na cidade de São Carlos, SP (22°01'04" S, 47°53'27" O), a 856 metros de altitude. A cidade, com cerca de 257 mil habitantes (IBGE, 2021), apresenta características urbanas de médio porte, baixa arborização e pouca sombra acumulada, além de estar próxima a avenidas movimentadas, córregos e edificações. O clima local se divide em dois períodos principais: úmido e quente (de novembro a março) e seco, com maior amplitude térmica (de maio a setembro) (Araujo, 2022).

Preparação das amostras

Seis telhas de concreto foram selecionadas, adquiridas em lojas de materiais de construção de São Carlos, SP. O grupo inclui cinco telhas pigmentadas e uma convencional, com coloração natural, sem adição de corantes (Figura 1). A pigmentação é incorporada diretamente na massa, colorindo toda a peça, e não apenas sua superfície. Nenhuma das amostras apresenta propriedades ópticas que as classifiquem como materiais frios, ou seja, com baixa absortância solar e alta emitância térmica. Mesmo a telha de tonalidade mais clara possui absortância inicial superior a 0.35, não se enquadrando na definição de material frio (Cassini, 2016).

Figura 1: Telhas de concreto selecionadas. 1-5: pigmentadas. 6: convencional.



Fonte: Autoras.

Medida de absortância solar

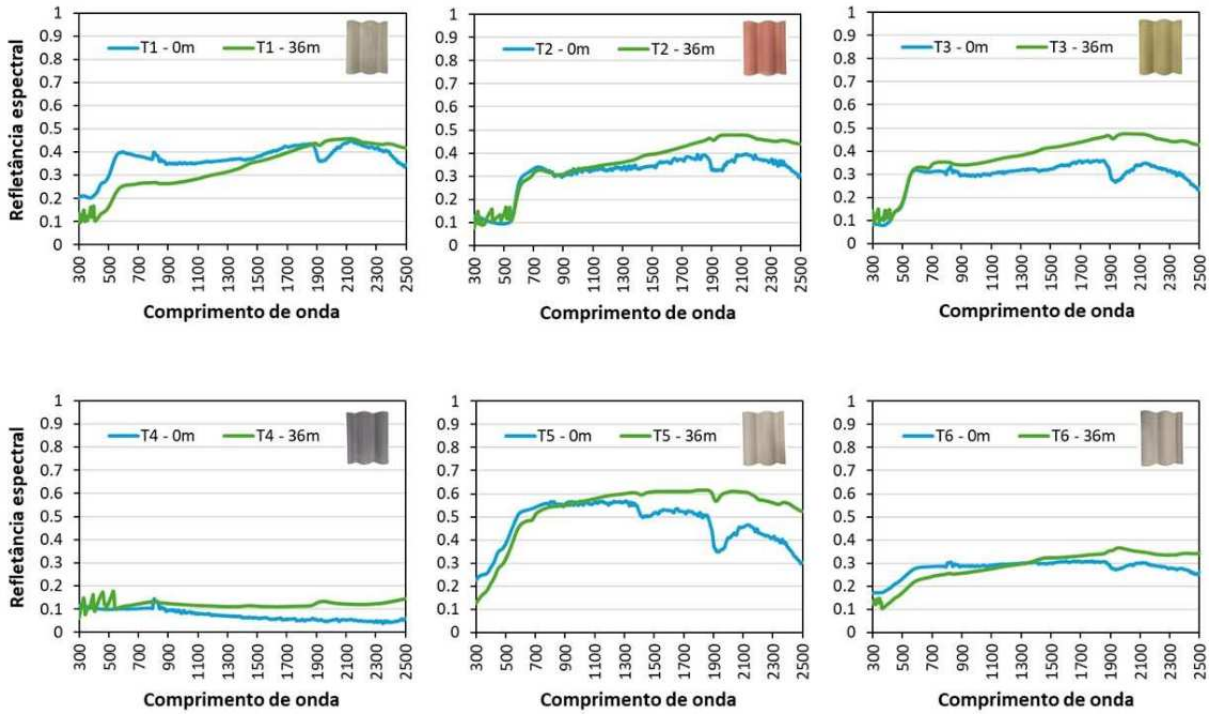
As medições de reflexão espectral das amostras foram realizadas em um espectrofotômetro com esfera integradora para o cálculo da absortância solar. Esta análise de alta precisão abrange todo o espectro solar (ultravioleta, visível e infravermelho), permitindo a avaliação detalhada de cada faixa. As medições de refletância foram realizadas com dois equipamentos diferentes, uma vez que, ao final dos três anos de exposição, o primeiro apresentava limitações na cobertura da faixa espectral completa (300–2500 nm), tornando necessário complementar as análises com outro instrumento. Utilizou-se o espectrofotômetro Varian (CARY 5G), do Laboratório Interdisciplinar de Eletroquímica e Cerâmica da Universidade Federal de São Carlos, para as amostras com 0 meses de exposição, e o espectrofotômetro Shimadzu (UV-3101 PC), da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para as amostras expostas por 36 meses. Em ambos os casos, seguiu-se o procedimento da ASTM E903 (2020) para medição da refletância solar entre 300 e 2500 nm, a cada 5 nm, com ajuste posterior ao espectro solar padrão com base na ASTM G173-13 (ASTM, 2023). A refletância solar (ρ_{solar}) de cada telha foi calculada pela integração das curvas de refletância espectral, e a absortância solar (α_{solar}) pela equação $\alpha_{solar} = 1 - \rho_{solar}$.

Resultados e discussões

A Figura 2 e a Tabela 1 apresentam a refletância espectral e a absortância por faixa do espectro, respectivamente, para as telhas 1 a 6, nas condições iniciais (sem envelhecimento, 0 meses) e finais (após 36 meses de exposição ao tempo), nas faixas do espectro solar referentes ao ultravioleta (UV: 300-380 nm), visível (VIS: 380-780 nm), infravermelho próximo (NIR: 780-2500 nm) e total (T: 300-2500 nm). A Tabela 2 mostra a variação percentual da absortância para cada faixa do espectro analisado. As telhas com menores absortâncias iniciais, de coloração mais clara (T1 e T5), foram as mais impactadas nas faixas UV e VIS, o que está em consonância com outros estudos da literatura, que indicam que amostras inicialmente claras sofrem uma degradação percentual maior do que as amostras originalmente escuras. Estas últimas podem apresentar uma diminuição da absortância solar inicial devido ao desbotamento da coloração, como ocorreu nas amostras pigmentadas de coloração mais saturada (T2, T3 e T4), nas quais as variações da absortância solar total apresentaram sinal negativo, indicando uma redução do valor.

Portanto, nas amostras de coloração mais clara, as variações percentuais nas faixas UV e VIS foram bem evidentes, com um aumento na absortância solar entre 10% e 20%. A amostra T6, com acabamento natural, mostrou comportamento semelhante ao das telhas T1 e T5, mas com impacto um pouco menor, na ordem de 5 a 7%. No entanto, ao se analisar a faixa relativa ao NIR, não foi possível identificar uma tendência clara quanto ao impacto do intemperismo natural na variação dessa faixa específica do espectro para as telhas de concreto analisadas.

Figura 2: Refletância espectral nas situações iniciais (0 meses) e após 36 meses de exposição.



Fonte: Autoras.

Tabela 1: Absortância por faixa espectral nas situações iniciais (0 meses) e após 36 meses de exposição.

	Telha	0 meses				36 meses			
		α UV	α VIS	α NIR	α T	α UV	α VIS	α NIR	α T
1	**Damasco**	0.792	0.660	0.628	**0.651**	0.877	0.788	0.693	**0.750**
2	**Vermelho**	0.883	0.798	0.669	**0.746**	0.899	0.795	0.647	**0.735**
3	**Mostarda**	0.919	0.755	0.687	**0.732**	0.887	0.741	0.627	**0.697**
4	**Canela**	0.889	0.889	0.915	**0.906**	0.891	0.874	0.879	**0.877**
5	**Marfim**	0.749	0.545	0.457	**0.514**	0.833	0.601	0.427	**0.534**
6	**Natural**	0.827	0.745	0.705	**0.731**	0.874	0.800	0.717	**0.767**

Fonte: Autoras.

Tabela 2: Variação da absortância espectral nas situações iniciais (0 meses) e após 36 meses de exposição.

	Telhas	Diferença percentual α final-inicial			
		Δα UV	**Δα VIS**	**Δα NIR**	**Δα T**
1	**Damasco**	10.73%	19.39%	10.35%	**15.21%**
2	**Vermelho**	1.81%	-0.38%	-3.29%	**-1.47%**
3	**Mostarda**	-3.48%	-1.85%	-8.73%	**-4.78%**
4	**Canela**	0.22%	-1.69%	-3.93%	**-3.20%**
5	**Marfim**	11.21%	10.28%	-6.56%	**3.89%**
6	**Natural**	5.68%	7.38%	1.70%	**4.92%**

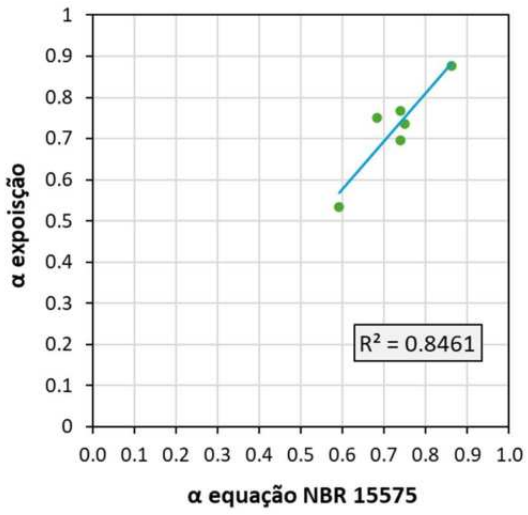
Fonte: Autoras.

Outra análise realizada neste trabalho é apresentada na Figura 3, na qual é feita a correlação entre os dados experimentais obtidos neste estudo e os valores estimados a partir da última atualização da norma brasileira NBR 15575-1 (ABNT, 2021). O coeficiente de correlação de Pearson (R = 0.8461) indica uma forte relação linear entre a equação da NBR (Equação 1) e os dados experimentais. Isso confirma que as telhas de concreto analisadas, submetidas ao envelhecimento natural, seguiram a curva de degradação esperada pela norma, validando a confiabilidade dos resultados obtidos.

$$\alpha_{t=3} = 0{,}07*(\alpha t_{=0})^2 + 0{,}59* \alpha_{t=0} + 0{,}27 \qquad \text{Equação 1}$$

Onde: $\alpha_{t=3}$ é a absortância solar da superfície externa após três anos de degradação, e $\alpha_{t=0}$ é a absortância solar inicial da superfície externa, ambas adimensionais.

Figura 3: Refletância solar nas situações iniciais (0 meses) e após 36 meses de exposição.



Fonte: Autoras.

Conclusão

Com base nos resultados apresentados, pode-se afirmar que as telhas de concreto analisadas neste estudo apresentaram um comportamento consistente com o esperado, conforme relatado em estudos anteriores. Observou-se que as amostras com menor absortância solar inicial foram as que sofreram maior impacto devido à degradação natural, especialmente nas faixas do espectro UV e VIS. Por outro lado, as amostras com maior absortância solar inicial apresentaram uma redução desse parâmetro, o que é igualmente esperado, uma vez que o desbotamento causado pela radiação UV e pela deposição de material particulado tende a diminuir a capacidade de reflexão dessas superfícies.

Além disso, a correlação entre os dados experimentais de absortância solar e a equação empírica proposta na norma NBR 15575-1 (ABNT, 2021) revelou um alto grau de consistência (R=0.8461). Isso sugere que a curva de envelhecimento das telhas analisadas seguiu um comportamento coerente com o estabelecido pela norma, reforçando a aplicabilidade da equação para a estimativa de degradação da absortância solar em telhas de concreto, sejam elas pigmentadas ou com acabamento natural. Esse resultado valida o uso dessa ferramenta para prever o desempenho térmico de telhas de concreto ao longo do tempo, contribuindo para a análise e desenvolvimento de materiais mais eficientes em termos de desempenho térmico e durabilidade.

Por fim, recomenda-se que estudos futuros considerem a comparação entre amostras expostas sem manutenção e outras submetidas a procedimentos periódicos de limpeza. Tal abordagem pode fornecer dados relevantes sobre o impacto da manutenção predial no desempenho óptico e térmico dos materiais ao longo do tempo, contribuindo para estratégias mais eficazes de conservação e eficiência energética nas edificações.

Agradecimentos

As autoras agradecem à agência brasileira CAPES pela bolsa concedida para esta pesquisa (código de financiamento 001), e à equipe de funcionários de laboratório do IAU-USP.

Referências

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ABNT. **NBR 15575:** Edificações habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ALGARNI, S.; NUTTER, D. Influence of dust accumulation on building roof thermal performance and radiant heat gain in hot-dry climates. **Energy and Buildings**, v. 104, p. 181-190, 2015.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E903–20** -Standard Test Method for Solar Absorptance, Reflectance and Transmittance of Materials Using Integrating Spheres. [S.l.]: American Society for Testing and Materials, 2020.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM G173-23** - Standard Tables for Reference Solar Spectral Irradiances: Direct Normal and Hemispherical on 37° Tilted Surface. [S.l.]: American Society for Testing and Materials, 2023.

ANDERSON, R. W. **Preliminary evaluation of radiation control coatings for energy conservation in buildings.** Oak Ridge National Laboratory Report, 1992.

ARAUJO, A. C. H. **Absortância solar e o envelhecimento natural de telhas expostas ao tempo.** 2022. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022. doi:10.11606/D.102.2022.tde-06062022-143613.

ARAUJO, A. C. H.; DORNELLES, K. A. Impacto do envelhecimento natural sobre as propriedades ópticas de telhas cerâmicas esmaltadas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022a. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1–13. DOI: 10.46421/entac.v19i1.2039. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/2039. Acesso em: 22 nov. 2024.

ARAUJO, A. C. H.; DORNELLES, K. A. Estação de envelhecimento natural para análise de degradação da absortância de telhas e monitoramento de temperaturas superficiais. Ambient. constr. [Internet], v. 22, n. 2, p. 247–267, abr. 2022b. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s1678-86212022000200603. Acesso em: 25 abr. 2025.

BERDHAL, P.; AKBARI, H.; LEVINSON, R.; MILLER, W. A. Weathering of roofing materials – An overview. **Construction and Building Materials**, v. 22, p. 423-433, 2008.

BYERLEY, A. E. *et al.* The long-term thermal performance of radiation control coatings. In: SUMMER STUDY ON ENERGY EFFICIENCY IN BUILDINGS, 5., Berkeley, 1994. **Proceedings** [...]. Berkeley: American Council for an Energy Efficiency Economy, 1994.

CÂNDIDO, C. D.; DORNELLES, K. A.; LUKIANTCHUKI, M. A. Impacto da absortância no conforto térmico em três zonas bioclimáticas. **PARC Pesq. em Arquit. e Constr**., Campinas, SP, v. 14, p. e023003, 2023. DOI: https://doi.org/10.20396/parc.v14i00.8668202.

CASINI, M.. Chapter 6: Advanced building skin. In: **Smart Buildings**. p. 219-245, 2016.

CAVALCANTI, F. S.; MONTEIRO, L. M. Projeto de edificações resilientes nas zonas bioclimáticas 1 a 4: impacto do envelhecimento das fachadas e mudanças climáticas no desempenho térmico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2023, Pelotas. **Anais...** Pelotas: PROGRAU/UFPEL, 2023. p. 1-10. DOI https: //doi.org./ 10.46421/sbqp.v3i.3285.

CHENG, M.-D.; MILLER, W.; NEW, J.; BERDAHL, P. Understanding the long-term effects of environmental exposure on roof reflectance in California. **Construction and Building Materials**, v. 26, p. 516-526, 2012.

COWAN, H. J. **Reflective insulation and the control of thermal environments**. [S.l.]: University of Sydney, 1973.

DORNELLES, K. A. **Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, 2008.

DORNELLES, K.; CARAM, R.; SICHIERI, E. Natural weathering of cool coatings and its effect on solar reflectance of roof surfaces. **Energy Procedia**, v. 78, p. 1587-1592, 2015.

HIDALGO-ARAUJO, A. C. H.; COUTO, L. S. B.; DORNELLES, K. A. Impacto do envelhecimento natural de telha cerâmica fria sobre o consumo energético de uma edificação. In: **Anais...** VII Congresso Latino-Americano de Simulação de Edifícios – IBPSA LATAM 2023. P. 18-23. Florianópolis, Brasil, 9 e 10 de março de 2023.

HIDALGO-ARAUJO, A. C.; DORNELLES, K. A. Variação dos parâmetros de cor em telhas cerâmicas e de concreto decorrentes do intemperismo natural. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2023. **Anais** [...]. [S.l.], 2023. p. 1-10. DOI: 10.46421/encac.v17i1.3745. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/encac/article/view/3745. Acesso em: 22 nov. 2024.

KOWALSKI, L. F.; MASIERO, E. Envelhecimento de pavimentos de concreto pigmentado e consequências sobre o albedo. **Revista de Arquitetura IMED**, Passo Fundo, v. 10, n. 1, p. 126-147, dez. 2021. ISSN 2318-1109. Disponível em: https://seer.atitus.edu.br/index.php/arqimed/article/view/4411. Acesso em: 22 nov. 2024. DOI: https://doi.org/10.18256/2318-1109.2021.v10i1.4411.

KRELLING, A. F.; SILVA, M. P.; SOUZA, R. V.; MARINOSKI, D. L.; GÜTHS, S. Influência do envelhecimento, limpeza e pintura da superfície de telhas de fibrocimento sobre o desempenho térmico da cobertura. In: ENCAC, XV, ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2019, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2019.

MAESTRI, A. **Avaliação da refletância solar em coberturas no Campus da Universidade Federal de Santa Catarina**. 2017. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

PEREIRA, C. D. **Influência da refletância e da emitância de superfícies externas no desempenho térmico de edificações**. 2014. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

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, p. 3085-3102, 2011.

SHIRAKAWA, M. A.; SILVA JUNIOR, J. A.; MARQUES, S. A. V.; JOHN, V. M. Superfícies frias: avaliação da refletância em quatro cidades brasileiras após um ano de envelhecimento natural. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.