

# IMPACTO DA ABSORTÂNCIA NO CONFORTO TÉRMICO EM TRÊS ZONAS BIOCLIMÁTICAS

## IMPACT OF ABSORPTANCE ON THERMAL COMFORT IN THREE DIFFERENT BIOCLIMATE ZONES

 Carolina Dieguez Cândido <sup>1</sup>

 Kelen Almeida Dornelles <sup>2</sup>

 Marieli Azoia Lukiantchuki <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Maringá,  
Maringá, PR, Brasil,  
caroldieiguez@outlook.br

<sup>2</sup> Universidade de São Paulo, São Carlos,  
SP, Brasil, kelend@usp.br

<sup>3</sup> Universidade Estadual de Maringá,  
Maringá, PR, Brasil,  
malukiantchukiz@uem.br

### Contribuição dos autores:

**CDC:** conceituação, análise formal, investigação, metodologia, visualização, escrita - rascunho original. **KAD:** conceituação, supervisão, validação, visualização, escrita - revisão e edição. **MAL:** conceituação, investigação, metodologia, supervisão, escrita - revisão e edição.

**Fomento:** Não houve fomento

**Declaração de conflito:** nada foi declarado.

Editor(es) Responsável:

Michele Marta Rossi 

## Resumo

A incidência de radiação solar nos edifícios é considerada uma das principais responsáveis pela sua carga térmica e seu impacto dependerá, entre outros fatores, da absorptância solar das superfícies externas da edificação. Este trabalho analisa o conforto térmico dos usuários de uma habitação unifamiliar térrea, pela metodologia da ASHRAE 55/2013, no contexto de três cidades classificadas em diferentes zonas bioclimáticas: Curitiba (ZB1), Maringá (ZB3) e Belém (ZB8). O método é composto das seguintes etapas: 1. Seleção da tipologia e cidades representativas; 2. Seleção dos valores de absorptância; 3. Simulações através do software EnergyPlus e 4. Análise dos resultados. Os resultados demonstraram que a absorptância das envoltórias apresentou influência significativa no conforto térmico dos usuários e no aumento da carga térmica interna. As telhas e as tintas, com valores de absorptância mais elevados, foram responsáveis, respectivamente, pelo acréscimo de até 24,74% e 17,55% no total de horas anuais em desconforto por calor. No inverno, telhas e tintas com maior absorptância apresentaram influência no decréscimo de até 17,07% e 13,7% no total de horas anuais em desconforto por frio. Conforme esperado, é recomendada a utilização de absorptâncias mais baixas e altas para zonas bioclimáticas mais quentes e mais frias, respectivamente. Em relação a regiões em que tanto o desconforto por calor quanto por frio é significativo, recomenda-se a escolha criteriosa da absorptância, considerando fatores como diferentes sistemas construtivos, uso de ventilação natural e de dispositivos de sombreamento, entre outras soluções, visando a melhoria do conforto térmico dos usuários.

**Palavras-chave:** conforto térmico, absorptância solar, habitações unifamiliares.

## Abstract

The incidence of solar radiation on buildings is considered one of the main factors responsible for their thermal load. Its impact will depend, among other factors, on the solar absorptance of the building's external surfaces. This paper analyzes the thermal comfort of users of a single-family ground floor house, using the ASHRAE 55/2013 methodology, in the context of three different bioclimatic zones: Curitiba (ZB1), Maringá (ZB3), and Belém (ZB8). The method comprises the following steps: selection of the typology and representative cities; selection of the absorptance values; simulations using EnergyPlus software; and analysis of the results. The results showed that the absorptance of the envelope had a significant influence on the users' thermal comfort and on the increase of the internal thermal load. Roof tiles and paints, with higher absorbance values, were responsible for an increase of up to 24.74% and 17.55% in the total number of annual hours of heat discomfort. In winter, roof tiles and paints with higher absorptance values influenced the decrease of up to 17.07% and 13.7% in the total annual hours of discomfort caused by cold. Using lower and higher absorptance is recommended for warmer and colder bioclimatic zones. Concerning regions where both heat and cold discomfort are significant, a careful choice of absorptance is recommended, considering factors such as different building systems' use of natural ventilation and shading devices, among other solutions to improve users' thermal comfort.

**Keywords:** thermal comfort, solar absorptance, single-family housing.

How to cite this article:

CÂNDIDO, C. D.; DORNELLES, K. A.; LUKIANTCHUKI, M. A. Impacto da absorptância 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>

Submitted 26.01.2022 – Approved 03.11.2022 – Published 19.01.2023

e023003-1 | **PARC Pesq. em Arquit. e Constr.**, Campinas, SP, v. 14, p. e023003, 2023, ISSN 1980-6809



## Introdução

O desempenho térmico de uma edificação depende, entre outros fatores, da volumetria da edificação, da orientação de suas fachadas, do posicionamento e do sombreamento das aberturas, dos sistemas construtivos das envoltórias externas (paredes e coberturas) e de suas propriedades termofísicas (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014; INMETRO-RTQ-C, 2010; MARTINS, 2013; PEREIRA; FERREIRA, 2014). O efeito conjugado destes diversos parâmetros, em conjunto com as características climáticas do local onde o edifício está inserido, são responsáveis pelos valores das temperaturas nos ambientes internos.

A radiação solar é um dos elementos de grande importância no estudo da eficiência energética na arquitetura, tanto como fonte de calor como fonte de luz. Segundo Dornelles (2008), a incidência da radiação solar sobre os edifícios é uma das principais fontes de ganhos térmicos e, desta forma, o meio natural mais eficaz para reduzir os ganhos de calor nas edificações é controlar e minimizar a radiação solar que atinge o envelope construtivo ou reduzir sua absorção pela edificação. A envoltória externa dos edifícios, como observado por Amorim e Monteiro (2014), se torna um “filtro” entre o ambiente externo e interno, podendo ser composto de elementos opacos e transparentes ou translúcidos, os quais se comportam de maneira distinta frente à radiação solar.

O impacto dessa carga térmica dos edifícios, resultante da incidência de radiação solar, dependerá, entre outros fatores, de uma propriedade denominada “absorvância solar”, ou de modo abreviado “absorvância”. A absorvância solar do envelope construtivo determina o impacto da radiação solar na edificação, uma vez que indica a fração da energia solar que chega à edificação que será absorvida por sua envoltória, afetando o ganho de calor e, assim, as temperaturas internas da edificação (GIVONI, 1998). Rosado e Pizzutti (1997) enfatizam que a escolha das absorvâncias de superfícies externas e internas de edificações minimiza gastos excessivos com eventuais equipamentos de climatização artificial, refletindo na racionalização energética e contribuindo na obtenção de conforto na habitação. Para Mulhall e Aynsley (1999), as absorvâncias das superfícies externas da edificação são importantes para determinar o efeito que a radiação solar terá sobre seu desempenho térmico, uma vez que o balanço de energia de um edifício é dependente da radiação solar incidente sobre suas superfícies externas.

A absorvância solar da superfície externa é uma característica normalmente associada à utilização de diferentes cores superficiais. Segundo Dornelles (2008), a grande variedade de cores e tipos de tintas e revestimentos disponíveis no mercado tem influenciado significativamente nos projetos arquitetônicos. O conhecimento das propriedades térmicas do envelope construtivo e a absorção da radiação solar dos materiais utilizados nestas superfícies, de suma importância, pois fornece informações que podem auxiliar o arquiteto a especificar materiais adequados ao projeto e às condições climáticas em que a construção será implantada.

No cenário internacional, diferentes pesquisas têm identificado a influência das propriedades das superfícies externas da envoltória nas cargas térmicas das edificações, demonstrando que através da diminuição da absorvância solar de coberturas é possível reduzir mais de 20% no consumo energético para refrigeração de edifícios (AKBARI *et al.*, 1997, 2005; AKBARI; ROSE; TAHA, 2003; SYNNEFA; SANTAMOURIS; APOSTOLAKIS, 2007; SYNNEFA; SANTAMOURIS; LIVADA, 2006; SANTAMOURIS *et al.*, 2007; YU *et al.*, 2008; MUSELLI, 2010; SHEN *et al.*, 2011; SHI; ZHANG, 2011). Os principais benefícios dos revestimentos com baixa absorvância solar, quando aplicados no envelope dos edifícios e em pavimentos urbanos, consistem basicamente na melhoria das condições de

conforto térmico interno e externo no verão, com contribuições em diversas escalas: microclimáticas (internas e externas) e na escala mesoclimática, em conjunto com o clima global (COTANA *et al.*, 2014; ROSSI *et al.*, 2013; AKBARI; DAMON; SETO, 2012). Ao mesmo tempo, se revestimentos de baixa absorvância solar são também aplicados sobre coberturas e paredes de edificações, podem reduzir a necessidade de energia e as emissões de CO<sub>2</sub>eq para refrigeração necessária à operação dos sistemas artificiais de climatização (HVAC), ou ainda, como técnica de resfriamento passivo podem melhorar as condições de conforto térmico no interior das edificações (PISELLO *et al.*, 2016; WANG; BERARDI; AKBARI, 2016).

Segundo Couto *et al.* (2018), pesquisas e padrões internacionais mostraram que muitos países como os Estados Unidos, a França, o Reino Unido, a Itália, a China, dentre outros, já adotam critérios de absorção solar ou refletância dos materiais da superfície do envelope, aumentando a economia com altos custos de energia com sistemas de ar condicionado. Diante desse cenário, as normas brasileiras ainda mostram algum atraso na apresentação de um banco de dados substancial relativo à absorção solar de diferentes materiais, embora pesquisas tenham sido realizadas a respeito de alguns materiais opacos disponíveis no mercado nacional (DORNELLES, 2008; COUTO, 2019; DORNELLES, 2021), visando a obtenção de uma biblioteca de dados com esses valores de absorvância solar.

Além dessas pesquisas, diversos estudos já foram e estão sendo realizados a respeito dos materiais opacos disponíveis no mercado (ROSADO; PIZZUTTI, 1997; OITICICA *et al.*, 2000; CASTRO, 2002; FERREIRA; PRADO, 2003; DORNELLES, 2008; DIAS, 2011; BRITO; AKUTSU, 2015; COUTO, 2019; CAVALCANTI, 2020). Entretanto, existe uma lacuna na literatura nacional da quantificação da efetividade dos valores de absorvância solar das envoltórias externas no conforto térmico dos usuários. Além disso, os dados de absorvância solar de diferentes tipos de telhas levantados por Couto (2019) ainda não foram analisados sobre esse ponto de vista e estes serão utilizados na presente pesquisa. E, por fim, diante da diversidade climática do território brasileiro, a contribuição desse trabalho também ocorre por realizar esse diagnóstico para as diferentes zonas bioclimáticas do território brasileiro, segundo a NBR 15220 (ABNT, 2005) e segundo as propostas de revisão dessa classificação climática proposta por Roriz (2013, 2014).

Portanto, este artigo tem como objetivo investigar a influência de diferentes valores de absorvância solar de tintas e telhas, no conforto térmico dos usuários de uma unidade habitacional unifamiliar representativa, localizada nas cidades de Curitiba – PR (ZB1), Maringá – PR (ZB3) e Belém – PA (ZB8).

## **Método**

O método dessa pesquisa foi dividido em 4 etapas: 1. Seleção da tipologia da HIS representativa e das zonas bioclimáticas; 2. Seleção dos valores de absorvância solar analisados; 3. Simulações computacionais e 4. Parâmetros de análise.

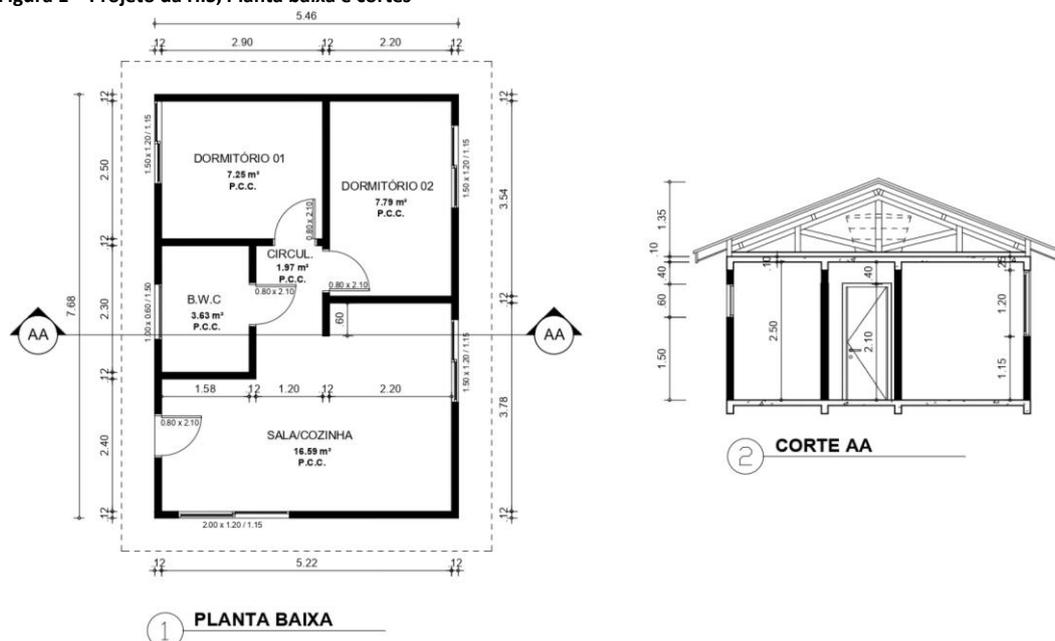
### **Tipologia**

A tipologia escolhida corresponde a uma habitação térrea representativa, utilizada atualmente em Maringá - PR, obtida na Secretaria Municipal de Planejamento e Urbanismo de Maringá – SEPLAN, através da pesquisa de Sarvezuk (2020).

A tipologia consiste em uma unidade habitacional unifamiliar com área útil de 42 m<sup>2</sup>, com dimensões de 5,46 m x 7,68 m e todas as fachadas expostas ao exterior. A edificação é composta de dois dormitórios, um banheiro e sala e cozinha conjugada, os ambientes

internos apresentam laje, limitando o pé-direito interno a 2,50m (Figura 1). A cobertura da edificação possui altura total de 1,35m e é composta de duas águas, com inclinação de 35%, e beirais de 0,60 m em todas as fachadas da edificação.

Figura 1 – Projeto da HIS, Planta baixa e cortes



Fonte: adaptada de projeto disponibilizado pelo SEPLAN (2018).

O piso da edificação está em contato com o solo e é constituído por lastro de concreto e piso cerâmico, sendo as calçadas compostas apenas de concreto desempenado. A cobertura é composta por telha cerâmica com espessura de 10 mm. O sistema de forro das unidades é de laje pré-fabricada em concreto (espessura de 10 cm), configurando um ático não ventilado. As esquadrias das janelas são em perfis de ferro com vidro incolor liso de 3 mm e as portas internas são de madeira e a externa metálica, todas com acabamento em pintura esmalte.

A escolha do sistema construtivo se baseou nas especificações do projeto modelo disponibilizado pelo SEPLAN e, para informações que não constavam no projeto, foram tomadas como referência a pesquisa de Sarvezuk (2020), cujos parâmetros foram definidos com base em Marques e Chvatal (2013) e Chvatal (2014). Desta forma, o sistema construtivo da habitação é detalhado no Quadro 1.

Quadro 1 – Propriedades termofísicas dos sistemas construtivos

Elementos	Descrição	Fonte
Paredes externas	Argamassa externa (2,5cm) + bloco cerâmico de 6 furos (9x14x24cm) + argamassa interna (2,5cm). Espessura total da parede: 14cm – Pintura externa branca. CT = 150 Kj/m². K e U = 2,46 W/ (m².K)	Projeto e ANEXO V RAC (INMETRO PORT 50/2013)
Paredes internas	Argamassa externa (2,5cm) + bloco cerâmico de 6 furos (9x14x24cm) + argamassa interna (2,5cm). Espessura total da parede: 14cm. CT = 150 Kj/m². K e U = 2,46 W/ (m².K)	Projeto e ANEXO V RAC (INMETRO PORT 50/2013)
Cobertura	Telha cerâmica (1cm) + câmara de ar (> 5cm) + laje concreto (10cm). CT = 238 Kj/m².K e U = 2,05 W/(m².K)	Projeto e ANEXO V RAC (INMETRO PORT 50/2013)
Piso	Brita (3cm) + concreto (8cm) + argamassa (2,5cm) + revestimento cerâmico (0,5cm).	Marques, 2013
Janelas	Vidro incolor (3mm) + esquadria em ferro	Projeto SEPLAN
Portas	Externa: Metálica (2,0cm)	Projeto SEPLAN

Fonte: as autoras.

### Zonas Bioclimáticas e cidades representativas

Com o objetivo de analisar o impacto dos valores de absorvância solar em realidades climáticas contrastantes, foram escolhidas três Zonas Bioclimáticas, visando analisar o comportamento dos valores de absorvância solar em uma região mais fria do território brasileiro (ZB1), uma região intermediária (ZB3) e, por fim, em uma região mais quente (ZB8). Essa escolha inicial considerou o atual Zoneamento Brasileiro, disponível na NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

Posteriormente, para cada Zona Bioclimática, selecionou-se uma cidade representativa para a análise (Quadro 2), através da comparação entre a classificação da NBR 15220-3 (ABNT, 2005) e da última proposta de revisão (RORIZ, 2014). A escolha seguiu os seguintes critérios: 1. Classificação climática (deveriam estar na mesma lógica de classificação tanto no zoneamento atual quanto no novo zoneamento proposto, ou seja, região mais fria, intermediária e mais quente); 2. Características geográficas distintas e 3. Disponibilidade dos arquivos climáticos em formato .epw.

Desta forma, para a análise de uma região mais fria, foi selecionada a cidade de Curitiba – PR, que segundo a NBR 15220-3 (ABNT, 2005) está na ZB1 enquanto na última proposta de Roriz (2014) está na Zona 02. Como zona intermediária, selecionou-se a cidade de – Maringá - PR (zona bioclimática 3, segundo a NBR 15220-3 (ABNT, 2005) e zona 13 na proposta de Roriz (2014). Apesar de Maringá e Curitiba estarem localizadas no mesmo estado apresentam características climáticas distintas. Além disso, na primeira divisão ambas foram classificadas na ZB1 e, posteriormente, devido a essa diferença, Maringá foi inserida na ZB3. Por fim, como cidade representativa da região mais quente, selecionou-se Belém – PA, que segundo a NBR 15220-3 (ABNT, 2005) está na ZB8 enquanto na última proposta de Roriz (2014) está na Zona 17 (Quadro 2).

Quadro 2 – Zonas bioclimáticas e cidades representativas escolhidas

Zona Bioclimática (NBR 15220)	Estado	Cidade de referência	Última proposta de zoneamento (RORIZ, 2014)
1	PR	Curitiba	2
3	PR	Maringá	13
8	PA	Belém	17

Fonte: ABNT (2005); Roriz (2014).

### Valores de absorvância solar

Visando analisar o impacto da absorvância solar ( $\alpha$ ) dos fechamentos verticais opacos e da cobertura, foi realizada a seleção de cinco cores de tintas e cinco tipos de telhas para as simulações, baseando-se, respectivamente, nos resultados apresentados por Dornelles (2008) e Couto (2019). A princípio, foram escolhidos uma cor de tinta e um tipo de telha com absorvância solar baixa (o menor valor disponível nas referidas pesquisas) e uma cor de tinta e um tipo de telha com absorvância solar elevada (o maior valor medido). Posteriormente, foram selecionados outros três valores, intermediários aos extremos.

Os tipos de cobertura selecionados são apresentados no Quadro 3, obtidos a partir dos resultados de Couto (2019). A telha de menor absorvância solar selecionada foi a telha 1, com absorvância de 0,04. Como intermediárias, selecionou-se as telhas 2, 3 e 4 com absorvâncias de 0,24, 0,49 e 0,62 respectivamente. Por fim, como a telha de maior absorvância foi selecionada a telha 5, com absorvância de 0,80. Para a análise dos fechamentos verticais opacos (Quadro 4), foram selecionados diferentes tipos de tintas, com base na pesquisa de Dornelles (2008). A cor de menor absorvância selecionada foi o Branco com absorvância solar de 0,11. Como intermediárias, selecionaram-se as cores Branco Gelo, Camurça e Concreto, com valores de absorvâncias de 0,34, 0,54, e 0,74,

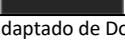
respectivamente. Como a cor de maior absorvância foi selecionada o Preto, com valor de 0,97.

**Quadro 3 – telhas para simulação da cobertura**

Imagem da telha	Nome da telha	Absorvância solar ( $\alpha$ )
	1 - Telha de fibrocimento – modelo universal TopComfort 4mm. Acabamento Refletivo Infibra	0,04
	2 - Telha de fibrocimento – modelo universal TopComfort 4mm. Acabamento Refletivo Infibra	0,24
	3 - Telha cerâmica – modelo Cumeeira Acabamento natural Cerâmica São Francisco	0,49
	4 - Telha cerâmica – modelo Americana Acabamento Esmaltado MAD Telhas	0,62
	5 - Telha cerâmica – modelo Americana Acabamento Esmaltado MAD Telhas	0,80

Fonte: adaptado de Couto (2019).

**Quadro 4 – tintas para simulação de fechamentos verticais opacos**

Imagem da tinta	Nome da tinta	Absorvância solar ( $\alpha$ )
	39 – Branco - Novacor Látex PVA Fosca	0,11
	40 – Branco Gelo - Novacor Látex PVA Fosca	0,34
	67 – Camurça - Suvinil Látex PVA Fosca	0,53
	9 – Concreto - Metalatex Acrílica Fosca	0,74
	75 – Preto - Suvinil Látex PVA Fosca	0,97

Fonte: adaptado de Dornelles (2008).

Para a análise do desempenho térmico e posterior comparação entre os resultados, foram realizadas nove combinações diferentes de valores de absorvância solar. Dessa forma, nas combinações para a análise das absorvâncias das telhas (Tabela 1), optou-se por fixar o valor da absorvância solar das paredes externas no menor valor dentre os selecionados para este estudo, visando minimizar seu impacto sobre as comparações. O mesmo foi feito para a análise das absorvâncias das tintas (Tabela 2), nas quais fixou-se o valor da absorvância solar das telhas no menor valor apresentado neste estudo.

**Tabela 1 – Combinações a análise das absorvâncias das telhas**

Combinações	Absorvância solar tinta	Absorvância solar telha
Caso Base	0,11	0,04
Caso – C01	0,11	0,24
Caso – C02	0,11	0,49
Caso – C03	0,11	0,62
Caso – C04	0,11	0,80

Fonte: Cândido (2021).

**Tabela 2 – Combinações a análise das absorvâncias das tintas**

Combinações	Absorvância solar tinta	Absorvância solar telha
Caso Base	0,11	0,04
Caso – C05	0,34	0,04
Caso – C06	0,53	0,04
Caso – C07	0,74	0,04
Caso – C08	0,97	0,04

Fonte: Cândido (2021).

### Simulações computacionais

A tipologia da HIS foi modelada através do programa *SketchUp* 2017 e do *Plugin Euclid*, na versão 0.9.3. A modelagem considerou a habitação como um todo e cada ambiente da edificação e a cobertura como diferentes zonas térmicas. As análises foram realizadas para um ano climático de referência, através de arquivos climáticos que apresentam os dados de variáveis horárias, para 8.760 horas do ano, de temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, direção e velocidade do vento, radiação solar, entre outros. Estes arquivos foram elaborados em formato .epw por Roriz (2012) e disponibilizados no site do LABEEE (2012) para 610 municípios brasileiros, incluindo as cidades de Curitiba, Maringá e Belém.

As simulações foram realizadas considerando um mesmo tipo de terreno (subúrbio). Quanto à obstrução por elementos externos, considerou-se que as paredes expostas e as janelas estão desobstruídas (sem presença de edificações ou vegetação nas proximidades que modifiquem a incidência de sol e/ou vento). Com relação à temperatura do solo, segundo Costa (2017), é confiável usar a média da temperatura do ar externo como dado de entrada da temperatura do solo nas simulações, em comparação com o SLAB (*plugin* do *Energyplus* que gera a temperatura do solo). Para a especificação das condições de infiltração de ar externo à edificação adotou-se a taxa de ventilação constante e de 1 renovação de ar por hora em todos os ambientes.

Foram considerados nas simulações os parâmetros referentes aos ganhos internos da edificação, tais como cargas internas resultantes da ocupação, iluminação e equipamentos. Nesta pesquisa, utilizaram-se os parâmetros do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (INMETRO, 2014), o qual considera a dinâmica de uma habitação naturalmente ventilada e estabelece o padrão de ocupação dos ambientes e uso de iluminação e equipamentos.

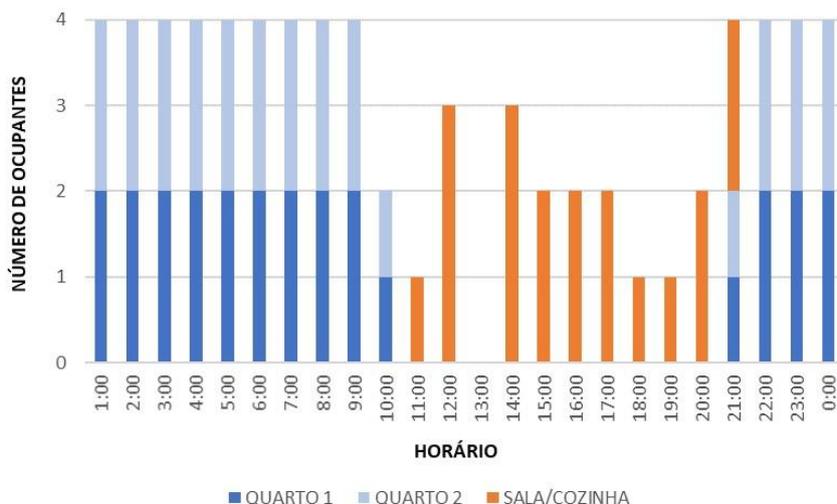
A ocupação considera uma família de quatro pessoas, sendo um casal e dois filhos. Para cada quarto, podem ser acomodadas até 2 pessoas e o espaço comum da sala de estar e cozinha, pode acomodar os quatro ocupantes ao mesmo tempo. As Figuras 2 e 3 apresentam duas configurações de ocupação, considerando, respectivamente, os dias de semana e o final de semana, e considera que o período de uso varia de 25 a 100% de ocupação nos ambientes.

Figura 2 – Parâmetros relativos ao padrão de ocupação em dias de semana



Fonte: adaptada de INMETRO (2014).

Figura 3 – Parâmetros relativos ao padrão de ocupação em finais de semana



Fonte: adaptada de INMETRO (2014).

São consideradas ainda, pelo RTQ-R (INMETRO, 2014), as atividades realizadas pelos usuários nos ambientes de uso prolongado, que influenciam a taxa metabólica das pessoas ao longo do dia. Os valores utilizados de atividade metabólica dos usuários são apresentados no Tabela 3.

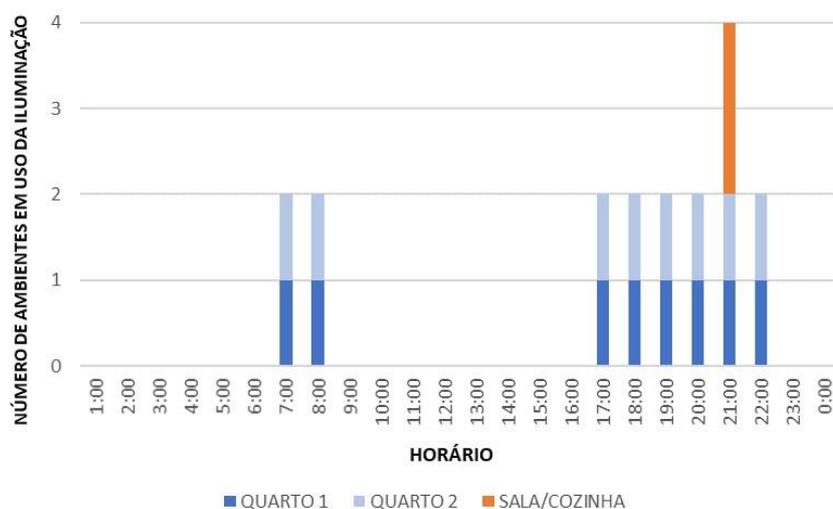
Tabela 3 – Parâmetros relativos às atividades dos usuários

Ambiente	Atividade	Calor produzido (W/m <sup>2</sup> )	Calor produzido por área de pele = 1,80 m <sup>2</sup> (W)
Sala	Sentado ou assistindo tv	60	108
Dormitórios	Dormindo ou descansando	45	81

Fonte: ABNT (2005); Roriz (2014).

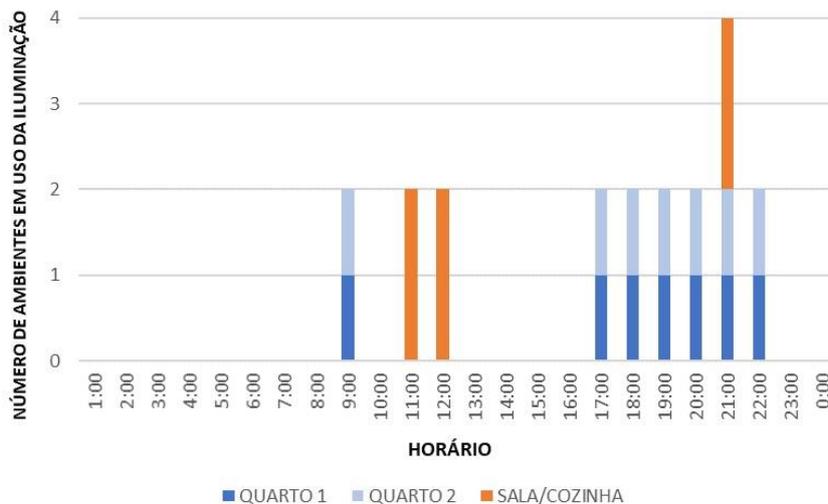
O padrão de uso da iluminação (Figuras 4 e 5) foi determinado de acordo com a ocupação dos ambientes da edificação, considerando, portanto, os dias e horários em que a iluminação artificial se encontra ligada (100% de uso) ou desligada (0% de uso). Em relação à densidade de potência de iluminação, esta varia de 5W/m<sup>2</sup> (para os dormitórios) a 6W/m<sup>2</sup> (para a sala). As cargas internas de equipamentos, segundo estabelecido pelo RTQ-R (INMETRO, 2014), devem ser consideradas apenas para a sala (Tabela 4).

Figura 4 – Parâmetros relativos ao padrão de uso da iluminação em dias de semana



Fonte: adaptada de INMETRO (2014).

Figura 5 – Parâmetros relativos ao padrão de uso da iluminação em finais de semana



Fonte: adaptada de INMETRO (2014).

Tabela 4 – Parâmetros relativos às cargas internas dos equipamentos

Ambiente	Período	Potência (W/m²)
Sala	24h	1,5

Fonte: ABNT (2005); Roriz (2014).

Os dados de saída nas simulações no *EnergyPlus*, que possibilitam a realização das avaliações do conforto térmico dos usuários da HIS, foram a temperatura externa do ar, a temperatura do ar interna dos ambientes e a temperatura operativa dos ambientes. As análises dos resultados ficaram restritas aos ambientes de maior permanência (sala-cozinha e dormitórios).

A análise dos resultados das simulações foi realizada através do parâmetro “graus-hora” (GH, em °Ch) de desconforto por frio ou por calor, para o ano típico, e a distribuição mensal e horária do desconforto em porcentagem das horas de uso do ambiente. O parâmetro graus-hora de desconforto é definido como a somatória da diferença entre a temperatura operativa horária e os limites superior ou inferior de conforto (INMETRO, 2014). Quando a temperatura se encontra acima do limite superior, trata-se de graus-hora de calor, indicando a necessidade de retirar calor do ambiente. Quando a temperatura é inferior ao limite inferior de conforto, trata-se de graus-hora de frio, indicando a necessidade de aquecer o ambiente.

Os limites superior e inferior, que conformam a faixa de temperatura operativa aceitável em um ambiente termicamente confortável são estabelecidos com base na temperatura média do ar exterior (tpma(out)). Para a definição desses limites, foram utilizadas as seguintes equações (ANSI/ ASHRAE, 2013):

$$\text{Limite de aceitabilidade superior a 80\% (}^{\circ}\text{C)} = 0,31 \text{ tpma(out)} + 21,3$$

$$\text{Limite de aceitabilidade inferior a 80\% (}^{\circ}\text{C)} = 0,31 \text{ tpma(out)} + 14,3$$

As médias anuais de temperatura do ar externo, para as três cidades em análise, junto aos limites superior e inferior e a temperatura de conforto, são apresentadas no Tabela 5. A temperatura de conforto foi estabelecida pela tolerância de 3,5°C, com base nos limites superior e inferior, para atingir 80% de aceitabilidade das pessoas.

Tabela 5 – Temperatura média anual e limites de conforto

Ambiente	Temperatura média anual (°C)	Limite superior (°C)	Limite inferior (°C)	Temperatura de conforto (°C)
Curitiba	17,40	26,7	19,7	23,2
Maringá	23,05	28,4	21,4	24,9
Belém	27,15	29,7	22,7	26,2

Fonte: Cândido (2021).

As análises foram realizadas de forma correlacional entre os valores de absorvância solar e os valores em graus-hora de desconforto por frio e por calor, registrados no ambiente de orientação crítica da residência (sala/cozinha).

Adicionalmente foram quantificados os níveis de desconforto térmico em horas de desconforto. A hora de desconforto refere-se ao período em que a temperatura interna ultrapassa, em pelo menos 1 °C, os limites inferior e superior. Com esses valores foram calculadas as porcentagens de horas de desconforto térmico por frio e calor, considerando um total de 8.760 horas por ano.

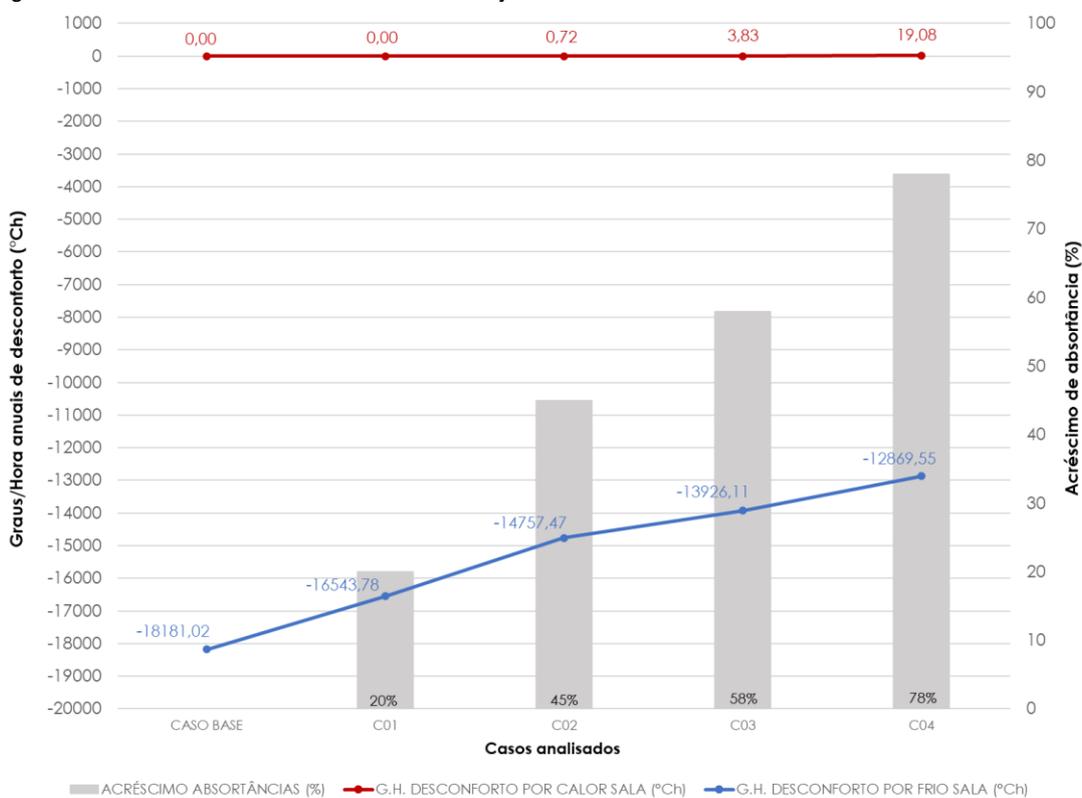
Reitera-se que os valores obtidos, em cada caso simulado, são analisados tendo como referência o Caso Base, que possui a menor absorvância solar tanto na cobertura quanto nas paredes ( $\alpha_{telha} = 0,04$  e  $\alpha_{tinta} = 0,11$ ).

## Resultados e discussão

### Impacto da absorvância solar das telhas – Curitiba (ZB1)

A Figura 6 apresenta os valores em graus-hora (GH, em °Ch) de desconforto por frio e por calor, registrados no ambiente de orientação crítica da residência (sala/cozinha), correlacionados com cada valor de absorvância solar das telhas analisadas, para a cidade de Curitiba – PR.

Figura 6 – Gráfico de conforto térmico referente às variações dos valores de absorvância solar das telhas – Curitiba



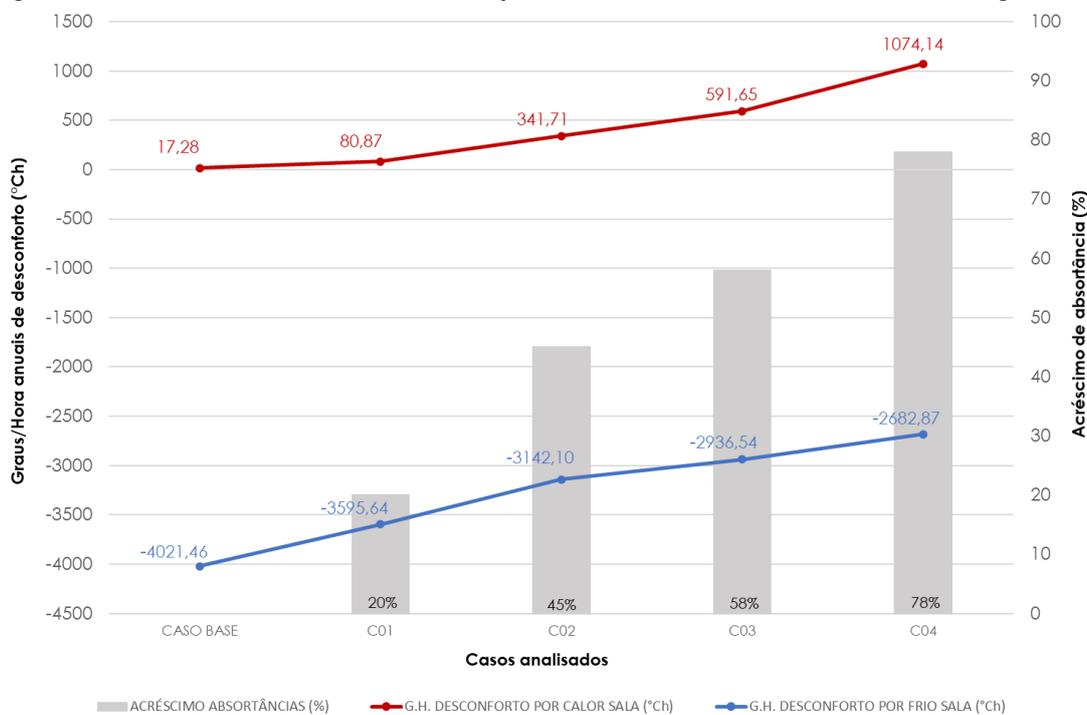
Fonte: Cândido (2021).

O Caso Base ( $\alpha_{telha} = 0,04$ ) registrou desconforto por calor nulo, enquanto o desconforto por frio foi de  $-18.181,02 \text{ }^\circ\text{Ch}$ , devido ao baixo valor de absorvância solar e ao clima de Curitiba ter temperaturas significativamente baixas. No C01 o aumento em 20% da absorvância da telha ocasionou uma diminuição de  $1637,24 \text{ }^\circ\text{Ch}$  no desconforto por frio, enquanto o desconforto por calor manteve-se nulo. Quando a absorvância solar da telha apresenta um aumento de 45% (C02), verificou-se um desconforto por calor insignificante ( $0,72 \text{ }^\circ\text{Ch}$ ) e um decréscimo de  $3423,55 \text{ }^\circ\text{Ch}$  de desconforto por frio, em relação ao Caso Base. No C03, o aumento em torno de 58% no valor da absorvância das telhas registrou, em relação ao Caso Base, um incremento de  $3,83 \text{ }^\circ\text{Ch}$  de desconforto por calor e a redução de  $4254,91 \text{ }^\circ\text{Ch}$  de desconforto por frio. Por fim, o caso com o maior valor de absorvância (C04 – aumento de 78%), registrou  $19,08 \text{ }^\circ\text{Ch}$  de desconforto por calor e um decréscimo de  $5311,47 \text{ }^\circ\text{Ch}$  de desconforto por frio, em relação ao Caso Base.

### Impacto da absorvância solar das telhas – Maringá (ZB3)

A Figura 7 apresenta os valores em graus-hora ( $^\circ\text{Ch}$ ) de desconforto por frio e por calor, registrados no ambiente de orientação crítica da edificação (sala/cozinha), correlacionados com cada valor de absorvância solar das telhas analisadas, para a cidade de Maringá - PR.

Figura 7 – Gráfico de conforto térmico referente às variações dos valores de absorvância solar das telhas – Maringá



Fonte: Cândido (2021).

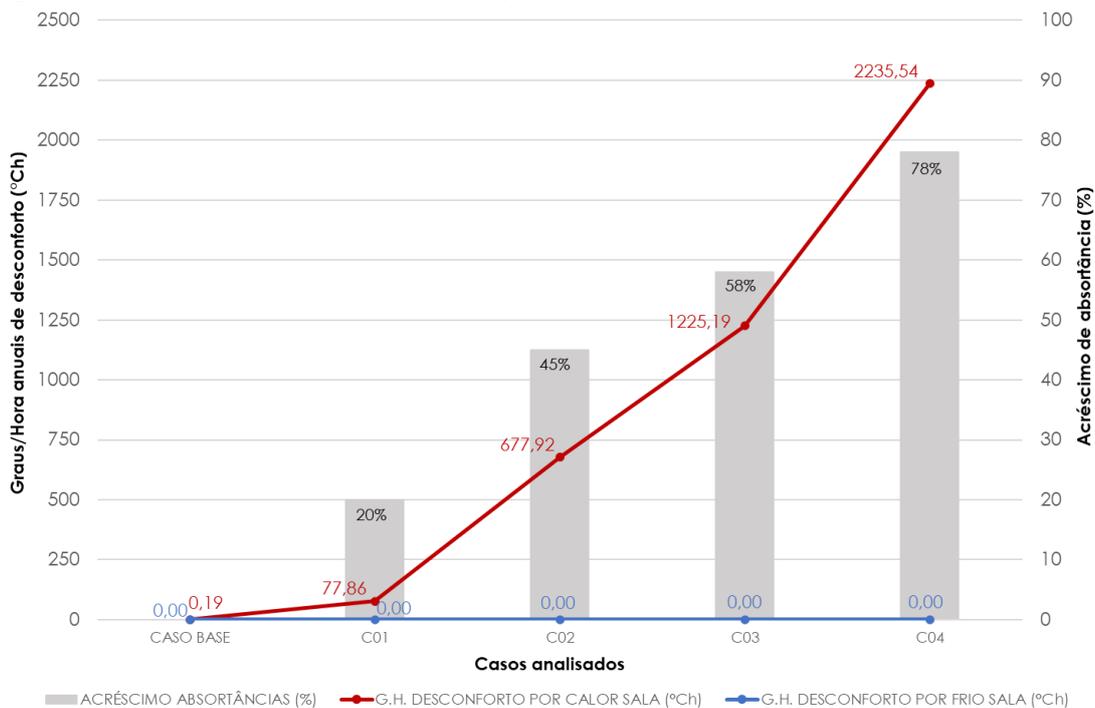
Para a cidade de Maringá, o Caso Base ( $\alpha_{telha} = 0,04$ ), registrou desconforto por calor de  $17,28 \text{ }^\circ\text{Ch}$  e desconforto por frio de  $-4021,46 \text{ }^\circ\text{Ch}$ . No C01, o aumento em 20% da absorvância solar da telha ocasionou, comparado ao Caso Base, aumento de  $63,59 \text{ }^\circ\text{Ch}$  no desconforto por calor e redução de  $425,82 \text{ }^\circ\text{Ch}$  no desconforto por frio. Quando a absorvância da telha apresenta aumento de 45% (C02), verificou-se o acréscimo de  $324,43 \text{ }^\circ\text{Ch}$  de desconforto por calor, e decréscimo de  $879,10 \text{ }^\circ\text{Ch}$  de desconforto por frio, em relação ao Caso Base. No C03, o aumento em torno de 58% no valor da absorvância solar das telhas, registrou, em relação ao Caso Base, um incremento de  $574,37 \text{ }^\circ\text{Ch}$  de desconforto por calor e a redução de  $1084,92 \text{ }^\circ\text{Ch}$  de desconforto por frio. Por fim, o caso com o maior valor de absorvância (C04 – aumento de 78%), registrou aumento de

1056,86 °Ch de desconforto por calor e um decréscimo de 1338,59°Ch de desconforto por frio, em relação ao Caso Base.

*Impacto da absorvância solar das telhas – Belém (ZB8)*

A Figura 8 apresenta os valores em graus-hora (GH, em °Ch) de desconforto por frio e por calor, registrados no ambiente de orientação crítica da residência (sala/cozinha), correlacionados com cada valor de absorvância solar das telhas analisadas, para a cidade de Belém-PA.

Figura 8 – Gráfico de conforto térmico referente às variações dos valores de absorvância solar das telhas – Belém



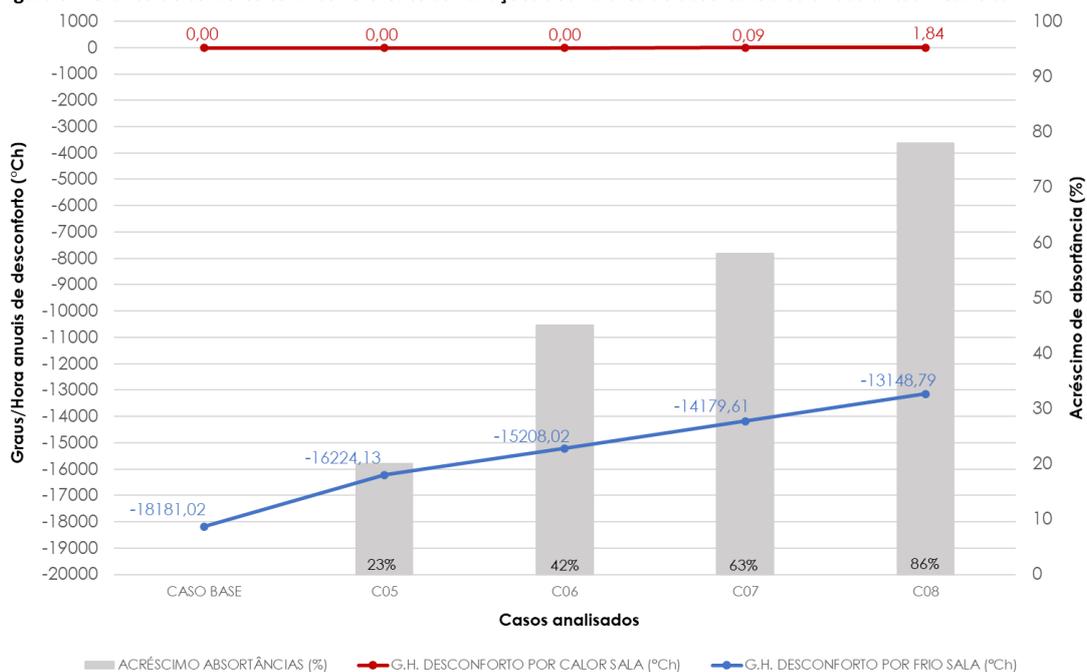
Fonte: Cândido (2021).

Através dos resultados apresentados na Figura 8, de maneira geral, nota-se que para Belém, em nenhum dos casos analisados foi registrado desconforto por frio, conforme esperado. Com relação ao desconforto por calor, o Caso Base ( $\alpha_{telha} = 0,04$ ) registrou desconforto por calor muito pequeno (0,19°Ch), em virtude do menor valor de absorvância solar nas envoltórias externas. No C01 o aumento em 20% da absorvância solar da telha ocasionou aumento no desconforto por calor (77,67 °Ch), em relação ao caso base. Quando a absorvância da telha apresenta um aumento de 45% (C02), verificou-se um acréscimo de 677,73 °Ch de desconforto, em relação ao Caso Base. No C03, o aumento em torno de 58% no valor da absorvância solar das telhas, registrou, em relação ao Caso Base, um incremento de 1224,96 °Ch de desconforto. Por fim, o caso com o maior valor de absorvância (C04 – aumento de 78%), registrou um aumento bastante significativo de desconforto por calor (2235,35 °Ch).

*Impacto da absorvância solar das paredes – Curitiba (ZB1)*

A Figura 9 apresenta os valores em graus-hora (°Ch) de desconforto por frio e por calor, registrados no ambiente de orientação crítica da edificação (sala/cozinha), correlacionados com cada valor de absorvância solar das tintas analisadas, aplicadas às paredes externas, para a cidade de Curitiba - PR.

Figura 9 – Gráfico de conforto térmico referente às variações dos valores de absorvância solar das tintas – Curitiba



Fonte: Cândido (2021).

Nesse caso, o desconforto por calor foi nulo enquanto o desconforto por frio foi de -18.181,02 °Ch. No C05 o aumento em 23% da absorvância solar da tinta das vedações externas ocasionou uma redução de 1956,89 °Ch no desconforto por frio, enquanto o desconforto por calor manteve-se nulo. Quando a absorvância das paredes externas apresenta um aumento de 42% (C06), o desconforto por calor manteve-se nulo e houve um decréscimo de 2973 °Ch de desconforto por frio. No C07, o aumento em torno de 63% no valor da absorvância solar das paredes registrou um incremento insignificante de desconforto por calor (0,09°Ch) e uma redução de 4001,41°Ch de desconforto por frio. Por fim, o caso com o maior valor de absorvância (C08 – aumento de 86%), registrou 1,84 °Ch de desconforto por calor e um decréscimo de 5032,23 °Ch de desconforto por frio.

Nota-se que, em ambos os sistemas, a medida em que os valores de absorvância solar das tintas aumentam, há um acréscimo de desconforto por calor. No entanto, esse aumento foi insignificante, uma vez que quando a telha tem o maior valor de absorvância ( $\alpha_{telha} = 0,82$  – aumento de 78% em relação ao caso base) o desconforto tem um incremento de apenas 19,08°Ch e quando a tinta tem o maior valor de absorvância ( $\alpha_{tinta} = 0,97$  – aumento de 86% em relação ao caso base) o desconforto tem um incremento de apenas 1,84°Ch.

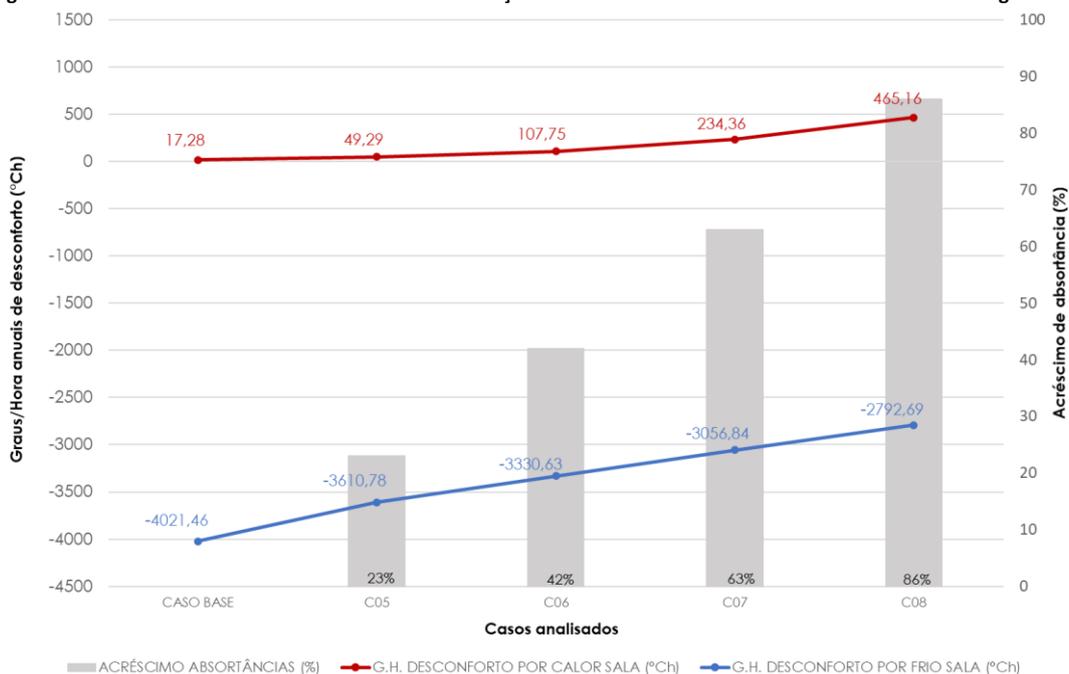
Já com relação ao desconforto por frio, à medida que os valores de absorvância solar são elevados, registra-se um decréscimo no desconforto. Este comportamento, para Curitiba, pode ser considerado positivo, uma vez que, considerando 8.760 horas do ano, o Caso Base apresenta uma porcentagem significativa (74,27%) das horas do ano em desconforto por frio o que foi atingido gradualmente com o aumento da absorvância. No Caso C04 ( $\alpha_{telha} = 0,80$ ) o desconforto por frio tem uma redução de 17,07%, e no C08 ( $\alpha_{tinta} = 0,97$ ) a redução é de 13,7%.

### Impacto da absorvância solar das paredes – Maringá (ZB3)

A Figura 10 apresenta os valores em graus-hora (°Ch) de desconforto por frio e por calor, registrados no ambiente de orientação crítica da edificação (sala/cozinha),

correlacionados com cada valor de absorvância solar das tintas analisadas, aplicadas às paredes externas, para a cidade de Maringá - PR.

Figura 10 – Gráfico de conforto térmico referente às variações dos valores de absorvância solar das tintas – Maringá



Fonte: Cândido (2021).

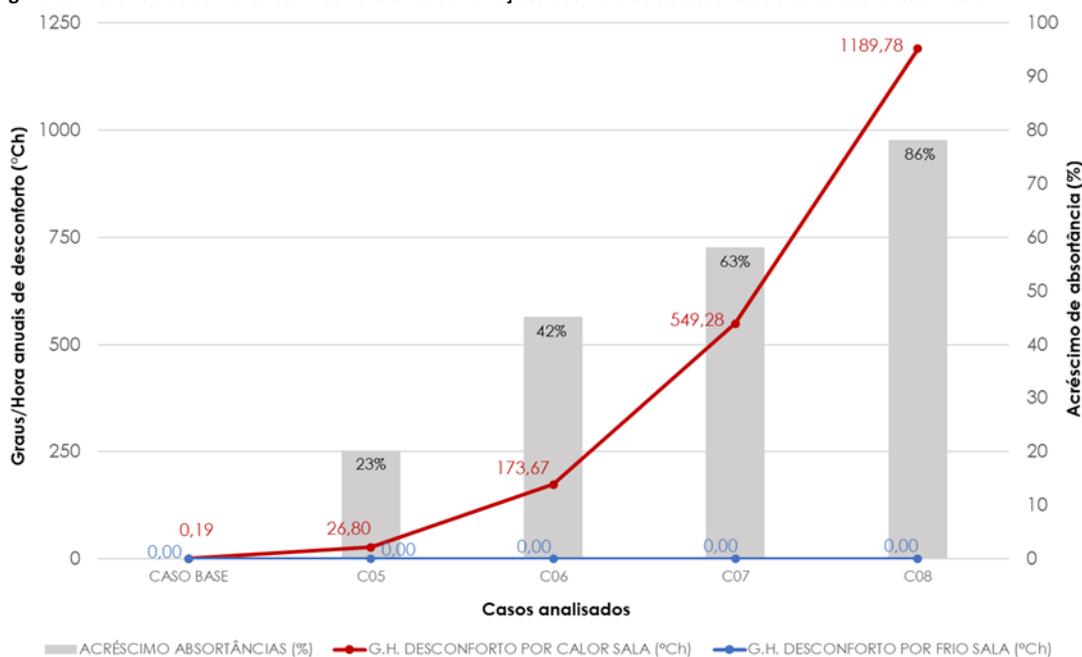
O Caso Base ( $\alpha_{tinta} = 0,11$ ), registrou desconforto por calor de 17,28°Ch e um desconforto por frio de -3993,88°Ch. No C05, o aumento em 23% da absorvância solar da tinta ocasionou, comparado ao Caso Base, um aumento de 32,01°Ch no desconforto por calor e uma redução de 410,68°Ch no desconforto por frio. Quando a absorvância da tinta apresenta um aumento de 42% (C06), verificou-se um acréscimo de 90,47°Ch de desconforto por calor, e decréscimo de 690,83°Ch de desconforto por frio, em relação ao Caso Base. No C07, o aumento em torno de 63% no valor da absorvância solar das tintas, registrou, em relação ao Caso Base, um incremento de 217,08°Ch de desconforto por calor e a redução de 964,62°Ch de desconforto por frio. Por fim, o caso com o maior valor de absorvância (C08 – aumento de 86%), registrou aumento de 448,18°Ch de desconforto por calor e um decréscimo de 1228,77°Ch de desconforto por frio, em relação ao Caso Base.

Observa-se no caso da cidade de Maringá, a escolha das telhas e tintas a serem utilizadas deve ocorrer de maneira criteriosa, pois apesar de demonstrar a necessidade de aquecimento no Caso Base (desconforto por frio em 22,65% das horas do ano) e isso ser atingido gradualmente com o aumento da absorvância, nota-se também um acréscimo do desconforto por calor. No C04 ( $\alpha_{telha} = 0,80$ ), o desconforto por frio é reduzido em 7,16%, em relação ao Caso Base, porém, consequentemente há um acréscimo de 9,53% nas horas de desconforto por calor. No C08, por sua vez, o desconforto por frio é reduzido em 6,2%, em relação ao Caso Base, porém, consequentemente, há um acréscimo de 5,56% ( $\alpha_{tinta} = 0,97$ ) nas horas de desconforto por calor.

#### Impacto da absorvância solar das paredes – Belém (ZB8)

A Figura 11 apresenta os valores em grau-hora (°Ch) de desconforto por frio e por calor, registrados no ambiente de orientação crítica da edificação (sala/cozinha), correlacionados com cada valor de absorvância solar das tintas analisadas, aplicadas às paredes externas, para a cidade de Belém - PA.

Figura 11 – Gráfico de conforto térmico referente às variações dos valores de absorvância solar das tintas – Belém



Fonte: Cândido (2021).

Nas análises focadas nas absorvâncias das tintas, no C05 o aumento em 23% da absorvância das vedações externas ocasionou um aumento de 26,61°Ch no desconforto por calor. Quando a absorvância solar apresentou um aumento de 42% (C06), verificou-se um acréscimo de 173,48°Ch de desconforto por calor, em relação ao Caso Base. No C07, o aumento em torno de 63% no valor da absorvância solar das paredes registrou incremento de 549,09°Ch de desconforto por calor. Por fim, o caso com o maior valor de absorvância (C08 – aumento de 86%), registrou aumento de 1189,59°Ch de desconforto por calor, em relação ao Caso Base.

Verifica-se que, à medida que os valores de absorvância solar das paredes aumentam, há um acréscimo significativo de desconforto por calor. Este comportamento, no caso da cidade de Belém, é considerado negativo, devido ao clima excessivamente quente e úmido. Isso porque, considerando-se 8.760 horas do ano, o Caso Base apresenta uma baixa porcentagem (0,02%) das horas do ano em desconforto por calor; já no C04 ( $\alpha_{telha} = 0,80$ ) a porcentagem sobe para 24,76%, e no Caso C08 ( $\alpha_{tinta} = 0,97$ ) a porcentagem sobe para 17,57%. Contudo, ressalta-se que o uso de cores claras nas envoltórias externas requer bastante cuidado de manutenção, principalmente em regiões com altos índices de pluviosidade, como Belém, pois como demonstrado em estudos de Coelho, Gomes e Dornelles (2017) e Shirakawa et al. (2020), a degradação de telhas ao longo da vida útil do edifício pode reduzir o desempenho térmico da edificação e, conseqüentemente, o conforto térmico dos usuários.

### Comparação dos resultados em porcentagem

A partir dos valores de grau-hora de desconforto, considerou-se um total de 8.760 horas por ano para calcular a porcentagem (%) de horas de desconforto térmico, por frio ou por calor, da edificação. Nos Tabelas 6 e 7 são apresentadas, de forma comparativa, as sínteses quantitativas, em porcentagem, dos resultados obtidos. As telhas foram responsáveis por um aumento no desconforto por calor de até 24,74%, na cidade de Belém, 9,53%, na cidade de Maringá e 0,34% na cidade de Curitiba. Em relação ao desconforto por frio, essa influência foi de 17,07% para a cidade de Curitiba, de 7,16% para a cidade de Maringá, sendo inexistente na cidade de Belém.

Tabela 6 – Síntese Comparativa – Resultados Telhas

Ambiente	Desconforto	Caso Base (0,04)	C01(0,24) acrésimo de 20%	C02(0,49) acrésimo de 45%	C03 (0,62) acrésimo de 58%	C04 (0,80) acrésimo de 78%
Curitiba	Desconforto por calor	0,00%	0,00%	0,00%	0,11%	0,34%
	Desconforto por frio	74,27%	68,74%	63,21%	60,71%	57,20%
Maringá	Desconforto por calor	0,46%	1,46%	5,02%	6,91%	9,99%
	Desconforto por frio	22,65%	20,41%	18,04%	16,97%	15,49%
Belém	Desconforto por calor	0,02%	3,53%	13,53%	18,34%	24,76%
	Desconforto por frio	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Fonte: Cândido (2021).

As paredes, por sua vez, foram responsáveis por um aumento no desconforto por calor de até 17,55%, na cidade de Belém, 5,56% na cidade de Maringá e 0,08%, na cidade de Curitiba. Em relação ao desconforto por frio, essa influência foi de 13,7% para a cidade de Curitiba, de 6,20% para a cidade de Maringá, sendo novamente inexistente na cidade de Belém.

Tabela 7 – Síntese Comparativa – Resultados Tintas

Ambiente	Desconforto	Caso Base (0,11)	C05 (0,34) acrésimo de 23%	C06 (0,53) acrésimo de 42%	C07 (0,74) acrésimo de 63%	C08 (0,97) acrésimo de 86%
Curitiba	Desconforto por calor	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,08%
	Desconforto por frio	74,27%	69,76%	66,78%	63,81%	60,57%
Maringá	Desconforto por calor	0,46%	1,10%	1,96%	3,70%	6,02%
	Desconforto por frio	22,65%	20,72%	19,25%	17,83%	16,45%
Belém	Desconforto por calor	0,02%	1,82%	6,03%	11,79%	17,57%
	Desconforto por frio	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Fonte: Cândido (2021).

Sobre os resultados obtidos, é importante observar outro aspecto importante: a latitude da cidade analisada. Em cidades de menor latitude como é o caso de Belém (latitude -1,43), percebe-se maior influência deste fator do que em cidades com maior latitude, como é o caso da cidade de Maringá (-23.40) e de Curitiba (-25.43). Isso ocorre, pois, os ganhos térmicos da edificação sofrem influência direta da radiação solar incidente sobre as superfícies da envoltória, sendo assim, na cidade de Belém, a elevada incidência solar gera um aumento nos ganhos térmicos da edificação e, em Curitiba, onde a incidência solar é baixa, os ganhos térmicos das superfícies que compõem a envoltória da edificação são menores.

## Conclusão

O presente trabalho teve como objetivo a análise e quantificação da influência dos valores de absorvância solar de envoltórias externas, no conforto térmico dos usuários de uma habitação unifamiliar térrea, em três cidades brasileiras, classificadas em diferentes zonas bioclimáticas: Curitiba (ZB1), Maringá (ZB3) e Belém (ZB8).

A absorvância solar da envoltória da edificação teve influência significativa no aumento da carga térmica interna e no conforto térmico dos usuários, uma vez que, como esperado, à medida que os valores de absorvância desses sistemas aumentam, há acréscimo no desconforto por calor e decréscimo no desconforto por frio.

Observou-se que o acréscimo de absorvância solar das telhas apresentou influência maior no conforto térmico do usuário do que das tintas. Isso se deve ao fato de que a incidência solar é direta sobre essa superfície, diferente do que ocorre nas paredes, onde a incidência dependerá da posição do sol ao longo do ano. Além disso, foi possível constatar que regiões de menor latitude tendem a ser mais afetadas por essa propriedade térmica dos materiais, devido à quantidade intensa de raios solares incidentes ao longo do ano.

Portanto, a escolha correta da absorvância solar da envoltória da edificação projetada demonstrou ser um meio eficaz para a redução do desconforto por calor ou por frio, de acordo com a região de implantação. Com isso, é recomendada a utilização de valores de absorvância mais baixos para zonas bioclimáticas mais quentes e com menores latitudes, como a cidade de Belém – PA (ZB8), por contribuírem para a melhoria do conforto térmico dos usuários. Contudo, o uso de cores claras nas envoltórias externas requer manutenção, para que a cor não sofra degradação e escurecimento ao longo da vida útil do edifício e interfira no desempenho térmico da edificação e, conseqüentemente, no conforto térmico dos usuários.

Para regiões mais frias, como a cidade de Curitiba – PR (ZB1), o uso de absorvâncias mais elevadas pode ser considerado positivo, em função do clima da cidade que apresenta temperaturas significativamente baixas, uma vez que, o Caso Base, o qual foi simulado com os menores valores de absorvância solar de tintas e de paredes, apresentou uma porcentagem significativa das horas do ano em desconforto por frio. Esses dados demonstram a necessidade de aquecimento do ambiente, o que é atingido gradualmente com o aumento da absorvância para o caso específico do modelo simulado. Recomenda-se, especialmente para essas regiões, a simulação de combinações de valores intermediários e altos de absorvância a fim de alcançar melhores resultados.

Em regiões em que, tanto o desconforto por calor, quanto o desconforto por frio são significativos, como a cidade de Maringá - PR (ZB3), a escolha da absorvância solar a ser utilizada nas paredes e telhas deve ocorrer de maneira criteriosa. Essa recomendação se faz necessária, pois, apesar de demonstrar a necessidade de aquecimento no Caso Base, e isso ser atingido com o aumento da absorvância, verifica-se também um acréscimo significativo do desconforto por calor. Portanto, nesses casos, uma análise cautelosa faz-se necessária, considerando outros aspectos como, o estudo da variação dos valores das propriedades termofísicas do sistema construtivo ou o uso de outro sistema que apresente melhor desempenho; o uso da ventilação natural na edificação; o uso de dispositivos de proteção solar nas envoltórias; dentre outros fatores que possam contribuir para o alcance do conforto térmico dos usuários.

Destaca-se que, apesar do presente trabalho fixar parâmetros construtivos e combinações de absorvância solar para as três regiões analisadas, outras variações desses fatores devem ser realizadas levando em consideração as especificidades construtivas e regionais da edificação.

## Referências

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

AKBARI, H.; BRETZ, S.; KURN, D. M.; HANFORD, J. Peak power and cooling energy savings of high-albedo roofs. **Energy and Buildings**, v. 25, n. 2, p. 117–126, 1997. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(96\)01001-8](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(96)01001-8).

AKBARI, H.; DAMON, H.; SETO, D. The long-term effect of increasing the albedo of urban areas. **Environmental Research Letters**, v.7, n. 2, 2012. DOI: [10.1088/1748-9326/7/2/024004](https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/2/024004).

AKBARI, H.; LEVINSON, R.; MILLER, W.; BERDAHL, P. Cool colored roofs to save energy and improve air quality. In: **PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE - PLEA**, 22.; 2005, Beirute. **Proceedings [...]**. London: University of Westminster, 2005.

AKBARI, H.; ROSE, L. S.; TAHA, H. Analyzing the land cover of an urban environment using high-resolution orthophotos. **Landscape and Urban Plan**, v. 63, n. 1, p. 1-14, Mar. 2003. DOI: 10.1016/S0169-2046(02)00165-2.

ANSI/ASHRAE. AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE/ AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE Standard 55**: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, 2013.

AMORIM, R. P. L.; MONTEIRO, J. R. V. A influência das cores no ganho térmico de superfícies cerâmicas. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, v. 2, n. 2, out. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/relainep.v2i2.38350>.

BRITO, A. C.; AKUTSU, M. Contribuição da cor da cobertura na melhoria do desempenho térmico de habitação no período de verão. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13.; ENCONTRO LATINOAMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2015, Campinas. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2015.

CÂNDIDO, C. D. **Influência da absorvância solar da envoltória opaca no desempenho térmico do edifício e no conforto térmico do usuário**. 2021. 171p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2021.

CASTRO, A. P. A. S. **Análise da refletância de cores de tintas através da técnica espectrofotométrica**. 2002. 113 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2002. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1592410>. Acesso em: 20 nov. 2021.

CAVALCANTI, F. S. Impacto da absorvância e transmitância das fachadas na eficiência energética e conforto térmico para habitação de interesse social. **Paranoá**, v. 28, ju./dez. 2020. DOI: <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n28.2020.10>.

CHVATAL, K. M. S. Avaliação do procedimento simplificado da NBR 15575 para determinação do nível de desempenho térmico de habitações. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 4, p. 119-134, dez. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212014000400009>.

COELHO, T. C. C.; GOMES, C. E. M.; DORNELLES, K. A. Desempenho térmico e absorvância solar de telhas de fibrocimento sem amianto submetidas a diferentes processos de envelhecimento natural. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 147-161, jan./mar. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212017000100129>.

COSTA, V. A. C. **Trocãs de calor entre edificações térreas e o solo e sua modelagem no pré-processador Slab**. 2017, 237 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2017. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102131/tde-04092017-150856/publico/DissCorrigidaVanessaCaieiro.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.

COTANA, F.; ROSSI, F.; FILIPPONI, M.; COCCIA, V.; PISELLO, A.L.; BONAMENTE, E.; PETROZZI, A.; CAVALAGLIO, G. Albedo control as an effective strategy to tackle Global Warming: a case study. **Applied Energy**, v. 130, p.641–647. Oct. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.02.065>.

COUTO, L. S. B. **ALTA II: uma alternativa aos métodos de medição de refletância solar para telhas cerâmicas e de fibrocimento**. 2019, 67 p. Dissertação (Mestrado em Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

COUTO, L.; BANQUERI, D.; DORNELLES, K. A. Absorvância solar e as normas internacionais e brasileiras. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2018. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1465/1253>. Acesso em: 20 jun. 2020.

DIAS, A. S. **Avaliação do desempenho térmico de coberturas metálicas utilizadas em edificações estruturadas em aço**. 2011. 110 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade

Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011. Disponível em:

[https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/3402/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O\\_Avalia%c3%a7%c3%a3oDesempenhoT%c3%a9rmico.pdf](https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/3402/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O_Avalia%c3%a7%c3%a3oDesempenhoT%c3%a9rmico.pdf). Acesso em: 20 outo. 2020.

DORNELLES, K. A. **Absorvância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA.** 152 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008. DOI:

<https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2008.429167>.

DORNELLES, K. A. **Biblioteca de absorvância de telhas: base de dados para análise de desempenho termoenergético de edifícios.** São Carlos: Tropicus; USP/ Instituto de Arquitetura e Urbanismo, 2021. 61 p. DOI: <https://doi.org/10.11606/9786586810103>.

FERREIRA, F. L., PRADO, R. T. A. Medição do albedo e análise da sua influência na temperatura superficial dos materiais utilizados em coberturas de edifícios no Brasil. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**, 351- Série BT-PCC. São Paulo: EPUSP. 2003.

GIVONI, B. **Climate considerations in building and urban design.** New York: John Wiley, 1998. 480 p.

INMETRO. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas.** Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010. Brasília, DF, Disponível em: <https://pbeedifica.com.br/etiquetagem/comercial/manuais>. Acesso em: 26 dez. 2022.

INMETRO. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Manual para aplicação do RTQ-R. 4.2. Residencial.** Rio de Janeiro: INMETRO, 2014. Disponível em: [https://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Manual\\_de\\_aplica% C3%A7%C3%A3o\\_do\\_%20RTQ-R-v01.pdf](https://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Manual_de_aplica% C3%A7%C3%A3o_do_%20RTQ-R-v01.pdf). Acesso em: 20 jan. 2020.

LABEEE. Laboratório em Eficiência Energética em Edificações. **Arquivos climáticos em formato EPW.** Florianópolis: UFSC, 2012. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/format-epw>. Acesso em: 15 ago. 2021.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura.** 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras: Procel, 2014. Disponível em: [https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia\\_energetica\\_na\\_arquitetura.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia_energetica_na_arquitetura.pdf).

MARQUES, T. H. T.; CHVATAL, K. M. S. A Review of the Brazilian NBR15575 Norm: applying the simulation and simplified methods for evaluating a social house thermal performance. *In: SYMPOSIUM ON SIMULATION FOR ARCHITECTURE AND URBAN DESIGN*, 4., San Diego, 2013. **Proceedings [...]**. San Diego, 2013.

MARTINS, L. H. A. **A Influência do sombreamento e da absorvância da envoltória no desempenho térmico e energético de edificações residenciais multipavimentos na cidade de João Pessoa-PB.** 2013. 203 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/5515>. Acesso em: 20 nov. 2020.

MULHALL, C.; AYNSLEY, R. Solar absorptance and uninsulated houses in the humid tropics. *In: CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE PLEA*, 16., 1999, Brisbane. **Refereed paper [...]**. Brisbane, 1999.

MUSELLI, M. Passive cooling for air-conditioning energy savings with new radiative low-cost coatings. **Energy and Buildings**, v. 42, n. 6, p. 945-954, June 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.01.006>.

OITICICA, M. L. G. R.; BARBIRATO, G. M.; SILVA, C. A. C.; MACHADO, I. B. L. Refletância de cores em superfícies construtivas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 2000, Fortaleza. **Anais [...]**. Salvador, 2000.

PEREIRA, I. M.; FERREIRA, C. C. Avaliação dos Impactos da ABNT NBR 15575 no Conforto Térmico e no Consumo de Energias nas Novas Edificações Habitacionais Brasileiras. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., Maceió 2014. **Anais [...]**. Maceió: ANTAC, 2014. DOI: <http://doi.org/10.17012/entac2014.326>.

PISELLO, A. L.; CASTALDO, V. L.; PIGNATTA, G.; COTANA, F.; SANTAMOURIS, M. Experimental in-lab and in-field analysis of waterproof membranes for cool roof application and urban heat island mitigation. **Energy and Buildings**, v. 114, p. 180–190, Feb. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.05.026>.

RORIZ, M. **Classificação de Climas do Brasil - Versão 2.** 2013. Disponível em: [https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/Climas\\_v2.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/Climas_v2.pdf). Acesso em: 04 de agosto de 2021.

RORIZ, M. **Classificação de Climas do Brasil - Versão 3.0.** 2014. Disponível em: [https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/Climas\\_v3.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/Climas_v3.pdf). Acesso em: 04 de agosto de 2021.

RORIZ, M. **Arquivos Climáticos de Municípios Brasileiros.** 2012. Disponível em: [https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/arquivos\\_climaticos/sobre\\_epw.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/arquivos_climaticos/sobre_epw.pdf). Acesso em: 04 de agosto de 2021.

ROSADO, C.; PIZZUTTI, J. L. A influência das cores no conforto térmico-lumínico e na redução do consumo de energia nas edificações. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 1997, Salvador. **Anais [...]**. Salvador, 1997

ROSSI, F., COTANA, F., FILIPPONI, M., NICOLINI, A., MENON, S., ROSENFELD, A. Cool roofs as a strategy to tackle global warming: economical and technical opportunities. **Advances in Building Energy Research**, v. 7, n. 2, p. 254–268, Dec. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1080/17512549.2013.865555>.

SANTAMOURIS, M.; PAVLOU, K.; SYNNEFA, A.; NIACHOU, K.; KOLOKOTSA, D. Recent progress on passive cooling techniques: Advanced technological developments to improve survivability levels in low-income households. **Energy and Buildings**, v.3 9, n. 7, p.859–866, July 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.02.008>.

SARVEZUK, L. **Análise bioclimática em projetos de habitação de interesse social:** contribuições ao zoneamento bioclimático brasileiro – ZB3. 2020. 129p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2020.

SEPLAN. SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO E URBANISMO DE MARINGÁ. **Projeto de Habitação Jardim Oriental.** Maringá, 10 de abril de 2018. 1 arquivo. Autocad formato DWG.

SHEN, H.; TAN, H.; TZEMPELIKOS, A. The effect of reflective coatings on building surface temperatures, indoor environment and energy consumption - An experimental study. **Energy and Buildings**, v. 43, n. 2-3, p.573–580, Feb./Mar. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.10.024>

SHI, Z.; ZHANG, X. Analyzing the effect of the longwave emissivity and solar reflectance of building envelopes on energy-saving in buildings in various climates. **Solar Energy**, v. 85, n. 1, p. 28–37, Jan. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2010.11.009>.

SHIRAKAWA, M. A.; LIMA, L. N.; GAYLARDE, C. C.; SILVA JUNIOR, J. A.; LOZ, P. H. F.; JOHN, V. M. Effects of natural aging on the properties of a cool surface exposed in different Brazilian environments. **Energy and Buildings**, v. 221, p. 110031, Aug. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110031>.

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, Apr. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.08.005>.

SYNNEFA, A.; SANTAMOURIS, M.; LIVADA, I. A study of the thermal performance and of reflective coatings for the urban environment. **Solar Energy**, v. 80, n. 8, p. 968-981, Aug. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2005.08.005>.

WANG, Y.; BERARDI, U.; AKBARI, H. Comparing the effects of urban heat island mitigation strategies for Toronto, Canada. **Energy and Building**, v. 114, p. 2-19, Feb.2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.06.046>.

YU, B.; CHEN, Z.; SHANG, P.; YANG, J. Study on the influence of albedo on building heat environment in a year-round. **Energy and Buildings**, v. 40, n. 5, p. 945-951, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.07.009>.

---

### **1 Carolina Dieguez Cândido**

Arquiteta e Urbanista. Mestre m Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Estadual de Maringá. Professora no Departamento de Arquitetura e Urbanismo no Centro Universitário Cidade Verde. Endereço postal: Avenida Colombo, 5790, Maringá, PR, Brasil, CEP: 87020-900

### **2 Kelen Almeida Dornelles**

Engenheira Civil. Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas. Professora Titular no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Endereço postal: Avenida Trabalhador São-Carlense, 400. São Carlos, SP, Brasil, CEP: 13566-590

### **3 Marieli Azoia Lukiantchuki**

Arquiteta e Urbanista. Doutorado em Arquitetura e Urbanismo pelo Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Professora Adjunta no Departamento de Arquitetura e Urbanismo na Universidade Estadual de Maringá. Endereço postal: Avenida Colombo, 5790, Maringá, PR, Brasil, CEP: 87020-900