

ABSORTÂNCIA DE TELHAS CERÂMICAS NOVAS E DETERIORADAS PELA EXPOSIÇÃO ÀS INTEMPÉRIES: IMPACTO NO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES¹

LOUZICH, Kellen Melo Dorileo (1); CALLEJAS, Ivan Júlio Apolônio (2); DURANTE, Luciane Cleonice (3); MARTINS, Ana Flávia Souza (4); ROSSETI, Karyna Andrade Carvalho (5); MARTINS, Wennder Tharso Oliveira (6)

(1) UFMT, e-mail: kellendorileo@gmail.com; UFMT, (2) e-mail: ivancallejas1973@gmail.com; (3) UFMT, e-mail: Luciane.durante@hotmail.com; (4) UFMT, e-mail: ana.flavia.martins@hotmail.com; (5) UFMT, e-mail: karyna.rosseti@gmail.com; (6) UFMT, e-mail: wenndermartins_93@hotmail.com

RESUMO

Ao longo do tempo, as telhas que compõem o sistema de cobertura vão sendo influenciadas pela ação da radiação ultravioleta e pelo acúmulo de sujeira e pó advindos da poluição urbana, sofrendo alteração em suas propriedades físicas de rugosidade e cor. Como consequência, materiais se tornam mais escuros e rugosos, promovendo alteração na sua absorvência. O objetivo deste trabalho é avaliar o impacto proporcionado pelo envelhecimento das telhas cerâmicas (do tipo colonial) no desempenho térmico de uma edificação idealizada para conjuntos habitacionais de interesse social por meio de simulação computacional. As medições indicaram que as telhas novas ($\alpha=0,60$) tiveram sua absorvência elevada pela ação das intempéries ($\alpha=0,83$) em 27,7%. A simulação computacional da edificação com dados de absorvência avaliados indicou que houve alteração na classificação de desempenho térmico no dia típico de verão, de intermediário (I) ($T_{i,máx} - 2^\circ \leq T_{e,máx}$) para mínimo (M) ($T_{i,máx} \leq T_{e,máx}$). O computo dos graus-horas anuais de resfriamento indicou que o processo de alteração da absorvência das telhas ocasionou piora no desempenho térmico, com elevação de 2,7% em relação à edificação com telha nova.

Palavras-chave: Sistema de cobertura. Reabilitação. Simulação térmica.

ABSTRACT

Over time, the tiles that compose roofing system deteriorate by the action of ultraviolet radiation, by dust/ dirt accumulation and by urban pollution, which produce changes in its roughness and color physical properties. As a result, roof materials become darker and rougher, changing its absorbance. The objective of this study is to evaluate the impact provided by the aging of ceramic tiles (the colonial type) in the building thermal performance of low income house by computer simulation. The measurements indicated that the new tiles ($\alpha = 0.60$) had their absorptance elevated by the environment degradation ($\alpha = 0.83$) in approximately 27.7%. The building computer simulation indicated that level of thermal performance was reduced in the typical summer day, decreasing from intermediate (I) ($T_{i, max} - 2^\circ C \leq T_{e, max}$) to minimum (M) ($T_{i, max} \leq T_{e, max}$). The annual cooling degree-

¹ LOUZICH, Kellen Melo Dorileo; CALLEJAS, Ivan Júlio Apolônio; DURANTE, Luciane Cleonice; MARTINS, Ana Flávia Souza; ROSSETI, Karyna Andrade Carvalho; MARTINS, Wennder Tharso Oliveira. Absorvência de telhas cerâmicas novas e deterioradas pela exposição às intempéries: impacto no desempenho térmico de edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

hours were elevated by the deterioration of ceramic tile in 2.7% over the building with new tile.

Keywords: *Building roof. Rehabilitation. Thermal simulation.*

1 INTRODUÇÃO

Para os seres humanos, a edificação exerce funções primordiais dentre as quais se destaca a de proteção contra as mudanças ambientais e intempéries, como sol, chuva, ventos, neve, entre outros. Dentre os sistemas que compõem a edificação, aquele que mais fica exposto e que deveria merecer mais atenção é o da cobertura.

Em áreas onde a incidência da radiação solar é intensa, a cobertura serve como forma de proteção das áreas internas e também é a principal componente nos ganhos de calor das edificações. Exceções acontecem em edificações que apresentam grandes áreas de fachadas expostas, onde o sistema de vedação também contribui de forma considerável.

Segundo Dornelles (2008), a absorptância é definida como a razão entre a energia que atinge uma superfície e a que é absorvida por ela. Esse valor varia de acordo com os materiais empregados em função de suas características físicas e influencia diretamente na variação de temperatura experimentada por um corpo. Assim, quando se analisa o envelope das edificações, essa grandeza pode ser utilizada como um indicador de ganhos/ perdas de energias nos ambientes internos de uma edificação.

A exposição direta da edificação ao meio externo, causa ao longo do tempo a deterioração das telhas presentes na cobertura, em virtude da ação da radiação ultravioleta, do acúmulo de sujeira/pó e da ação da poluição urbana, desencadeando assim alteração das propriedades físicas de rugosidade, de ondulação e de cor deste sistema construtivo. Em decorrência disso, constata-se que a absorptância dos componentes da cobertura sofrem alteração, podendo este parâmetro ser elevado ou diminuído, dependendo do tipo de degradação sofrida. A mudança dos níveis de absorptância impactará nos ganhos e perdas de calor através da cobertura, alterando a temperatura interna da edificação e, desta forma, influenciando o conforto ambiental dos ambientes internos, bem como os gastos de energia para resfriamento/ aquecimento artificial.

A alteração da absorptância está intimamente ligada à facilidade de aderência da sujeira sobre a superfície do componente, da sua capacidade de limpeza com a incidência de chuvas, bem como relacionada à sua rugosidade superficial, sendo este um fator responsável pelo acúmulo de sujeira sobre a superfície (DORNELLES e SICHIERI, 2014; SEKER e TAVIL, 1996). Estes aspectos demonstram a necessidade de se realizar manutenções periódicas no sistema de cobertura, sendo a mais simples por meio de esfregamento, utilizando detergente ou alvejante, conforme sugerido por Akbari et al. (2005). Destaca-se que dependendo do tipo da manutenção aplicada, é possível restabelecer entre 90 e 100% de sua absorptância original (PEREIRA, 2014).

É importante mencionar que a manutenção das telhas reduz a sua rugosidade, sendo esta responsável pela inter-reflexão da radiação

incidente sobre a superfície, o que aumenta a quantidade de energia radiante absorvida (RORIZ, 2007). A cor de uma superfície tem forte relação com a propriedade de absorvância, sendo que quanto mais clara, menor será a sua absorvância.

Destaca-se que, o acúmulo de materiais sobre as superfícies e a proliferação de fungos e musgos devido a presença de umidade nos materiais, tendem a modificar a cor e a rugosidade dos elementos do sistema de cobertura, elevando a sua absorvância ao longo do tempo. Diante desta constatação, indaga-se qual possa ser o impacto ocasionado pela modificação desta propriedade no desempenho térmico de um edifício.

2 OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo avaliar o impacto ocasionado pelo envelhecimento das telhas cerâmicas do tipo colonial no desempenho térmico de uma tipologia arquitetônica idealizada para conjuntos habitacionais de interesse social (HIS) do Programa Minha Casa por meio de simulação computacional, conforme os procedimentos da NBR 15575 (2013a) e RTQ-R (graus-horas) (RTQ-R, 2010).

3 MATERIAIS e MÉTODO

O trabalho foi dividido em duas etapas. A primeira refere-se a medição da absorvância em exemplares de telhas novas e degradadas pela ação das intempéries. A segunda, refere-se a simulação realizada no programa EnergyPlus (DOE, 2016). Os valores médios encontrados para a absorvância das telhas, na primeira etapa, serviram de base para alterar a absorvância no infravermelho, no solar e no visível, nas propriedades do material das telhas utilizadas na simulação computacional.

3.1 Medição da Absorvância

Foram selecionados cinco exemplares do modelo de telhas novas do tipo romana comumente encontradas no mercado (Figura 1) e de telhas romanas deterioradas pela ação das intempéries, que apresentavam em diferentes graus de degradação, com mais de 20 anos de uso, de forma a se obter uma representatividade do efeito da ação das intempéries (Figura 2).

Foram realizadas medições com o auxílio do aparelho denominado de *Alta Reflectance Spectrometer* fabricado por Venier Software Technology (Figura 3). O aparelho possibilita a medição de refletâncias correspondentes a radiações em onze diferentes comprimentos de onda entre 470 e 940nm (nanômetros), dos quais sete destes comprimentos de onda são na região visível: 470nm (Blue), 525nm (Cyan), 560nm (Green), 585nm (Yellow), 600nm (Orange), 645nm (Red), 700nm (Deep Red) e quatro se encontram na região do infravermelho: 735nm (IR1), 810nm (IR2), 880nm (IR3) e 940nm (IR4). A absorvância foi determinada a partir da refletância, subtraindo-se a unidade.

Figura 1– Telhas cerâmicas novas



Fonte: Os Autores

Figura 2 – Telhas cerâmicas degradadas



Fonte: Os Autores

De acordo com Pereira et al. (2016), as curvas espectrais dos equipamentos ALTA II alcançaram uma boa aproximação com a curva e valores de referência obtidos com espectrofotômetro, considerando os onze comprimentos de onda do aparelho (470 a 940nm). Entretanto, ao se comparar a refletância solar total obtida por meio do mesmo equipamento, de 300 a 2500nm, observou-se uma incerteza máxima absoluta na ordem de 10% entre os aparelhos.

Figura 3 – Alta Reflectance Spectrometer



Fonte: <http://www.vernier.com/products/sensors/spectrometers/alta/>

3.2 Caracterização da edificação simulada

O modelo adotado para as simulações se constitui de uma tipologia arquitetônica idealizada para conjuntos habitacionais de interesse social (HIS) do Programa Minha Casa, Minha Vida que já se encontra construída na região da zona bioclimática 7, sendo o seu modelo amplamente utilizado em várias regiões bioclimáticas brasileiras.

O sistema construtivo é composto por paredes de tijolos cerâmicos de oito furos com dimensões de 9x19x19cm, assentados na menor dimensão (meia vez), revestidos com argamassa externa e interna de 2,5cm de espessura e com argamassa de assentamento de 1cm de espessura. O sistema de cobertura é composto por telhas cerâmicas do tipo romana, idênticas as utilizadas na avaliação da abortância. O piso é de concreto desempenado, a cobertura de telha cerâmica em duas águas com forro de PVC, portas externas de aço e portas internas de madeira. As paredes têm acabamento externo no tom bege claro e as internas na cor branca. As janelas dos

quartos e da sala não possuem vidro, somente venezianas. As janelas da cozinha são em vidro transparente, sem proteção solar específica. A implantação da residência afastada dos limites do terreno permite que haja aberturas em todas as laterais (Figura 4). A planta baixa e cortes da edificação que apresenta área construída igual a 38,70m² podem ser visualizados nas Figuras 5 e 6.

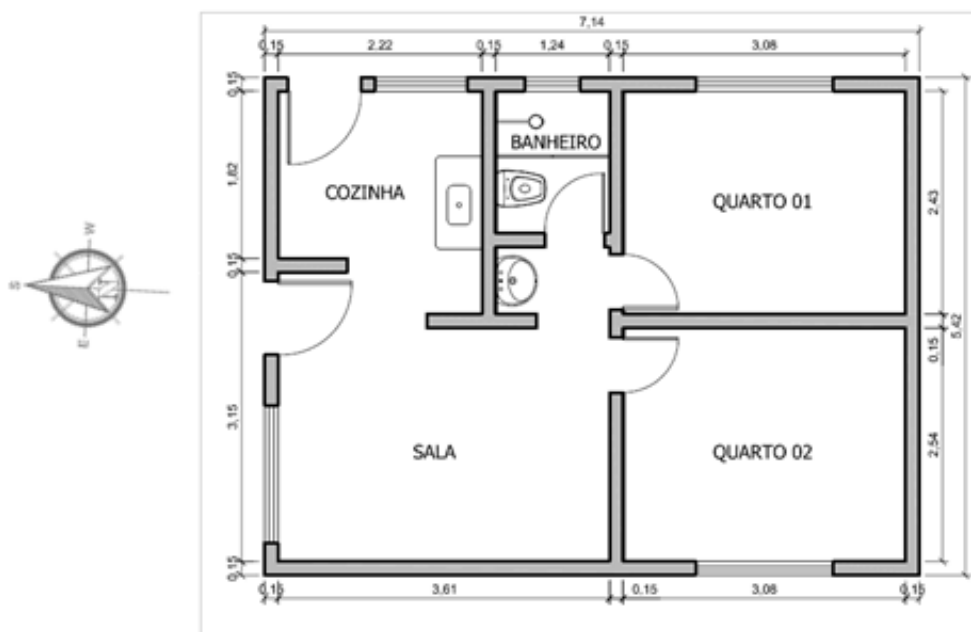
Como se objetiva comparar os sistemas de cobertura com diferentes tipos de componentes (telhas novas e degradas), as propriedades físicas das absorções medidas por meio do aparelho *Alta Reflectance Spectrometer* foram substituídas no programa de simulação (EnergyPlus), sendo que os demais elementos da envoltória (cobertura) foram modelados de forma idêntica em ambas as simulações computacionais.

Figura 4 – Foto da edificação utilizada na avaliação de desempenho térmico



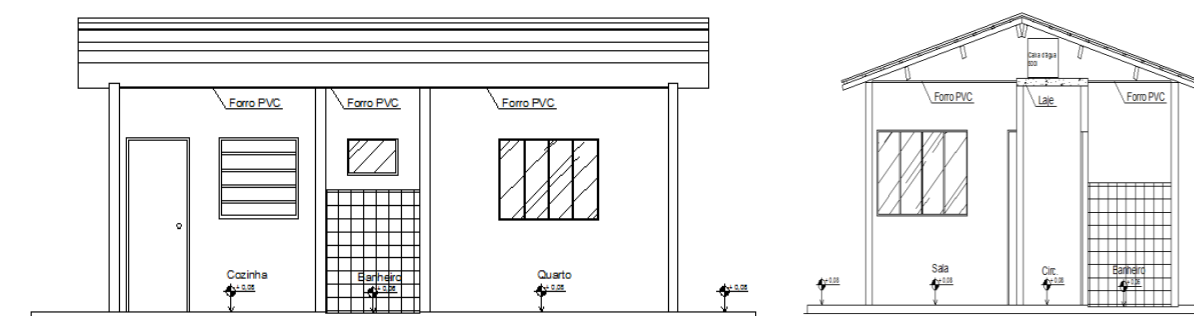
Fonte: Os autores

Figura 5 – Planta baixa da HIS



Fonte: Os autores

Figura 6 – Cortes da HIS simulada



Fonte: Os autores

3.3 Modelagem e Simulação

A avaliação do desempenho térmico da HIS com os diferentes tipos de telhas no sistema de cobertura foi realizada por meio de simulações computacionais com o programa EnergyPlus, utilizando-se de um banco de dados climático para a zona bioclimática 7 (Cuiabá-MT). Adotou-se para a simulação o ano típico de referência (TRY), arquivo climático obtido no site www.procelinfo.com.br/etiquetagem-edificios, conforme recomendação do Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ-R, 2010).

Na etapa de modelagem da HIS, utilizou-se o Plug-in OpenStudio para a edição e visualização em maquete eletrônica no programa SketchUp8. Para o desenho em 3D, o programa considera os elementos de construção sem suas espessuras, as quais serão adicionadas, como informações numéricas para os cálculos, diretamente no EnergyPlus 8.1. A tipologia foi modelada conforme a planta-baixa apresentados na Figura 5, sendo que as superfícies que representam as paredes externas foram desenhadas nos limites externos, as que representam as paredes internas, no eixo da parede de divisão entre os ambientes. Foram modeladas cinco zonas térmicas: quarto 1, quarto 2, banheiro, sala-cozinha e ático da cobertura, conforme critério estabelecido pela NBR 15575-1 (ABNT, 2013a).

Para subsidiar as análises, determinaram-se as propriedades físicas e térmicas dos componentes da edificação, com painel de blocos cerâmicos revestidos externa e internamente e sistema de cobertura em telha cerâmica, seguindo as orientações previstas nos procedimentos de cálculo estabelecidos pela NBR 15220-2 (ABNT, 2003) e NBR 15575-1 (ABNT, 2013a) (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 – Características termofísicas dos materiais da edificação.

Características inseridas	Cerâmica (Tijolo)	Cerâmica (Telha)	Argamassa	PVC
Rugosidade	Áspero	Áspero	Áspero	Liso
Espessura (m)	0,09	0,01	0,015	0,01
Condutividade (W/mK)	0,55	0,9	1,15	0,2
Densidade (Kg/m³)	1600	1600	2000	1300
Calor Específico (J/kgK)	920	920	1000	960
Absorção térmica, solar e visível	0,85; 0,75; 0,75	Tabela 3	0,85; 0,3; 0,3	0,9; 0,2; 0,2

Fonte: Autores

Tabela 2 – Transmitância térmica dos componentes da edificação.

Componentes	Composição	α (absortância solar)	Transmitância (W/m ² .K)	Fator solar F _{So} = 4.U. α	Capacidade Térmica (kJ/ m ² .K)	Atraso térmico (ϕ , horas)
Parede – tinta látex PVA Fosca - cor marfim	Argamassa (2,5cm) + Tijolo (9x19x19cm) + Argamassa (2,5cm)	0,30	2,49	2,95	158	3,30h
Cobertura	Telha Cerâmica + ar (> 5cm) + PVC (1cm)	Conforme Tabela 3	1,75	5,25	21	0,52h
Piso	Radier concreto (10cm)	0,75	3,33	Não aplicável	240	Não aplicável

Fonte: Autores

Para atender o critério da NBR 15575-Parte 4 (ABNT, 2013b), a absortância à radiação solar das superfícies das paredes foi considerada na cor clara com $\alpha = 0,3$, apesar de que a cor em que a edificação foi pintada (bege) já atendia essa condição.

Como a edificação foi implantada em várias orientações no condomínio, na simulação computacional da edificação seguiu-se o critério estabelecido na NBR 15575-Parte 1 (ABNT, 2013a) que indica que devem ser simulados os recintos de permanência prolongada (sala de estar e dormitórios) na orientação geográfica mais crítica do ponto de vista térmico, que para no verão a janela do cômodo fique voltada para oeste e a outra parede exposta fique voltada para norte, condição esta encontrada no quarto 1 da edificação.

Não foram considerados sombreamentos visto que a referida norma prescreve que as paredes e janelas devem estar totalmente desobstruídas. Foi considerada na simulação a condição de ausência de ocupação, portas e janelas fechadas e ventilação natural padrão estabelecida para os ambientes (inclusive ático), ou seja, ocorrendo apenas pelas frestas com 1 taxa de renovação de ar por hora (1 ren/h).

Foram adotados os parâmetros de coeficiente de rugosidade do entorno (a), de coeficientes de pressão superficial (CP), de coeficiente de descarga (CD) e de coeficiente do fluxo de ar por frestas (CQ), indicados pelo RTQ-R (BRASIL, 2010), referentes a esta condição. As áreas de abertura das janelas atendem o requisito de percentual de abertura para ventilação em relação à área de piso (A) deve ser superior a 5%.

3.4 Avaliação de desempenho térmico – NBR 15575 e RTQ-R

A verificação da adequabilidade da edificação ao clima da região (zona bioclimática 07) é passível de ser feita pelos procedimentos normativos da NBR 15575-1 (ABNT, 2013a), bem como pelo procedimentos estabelecidos no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) (INMETRO, 2010). Ambos serão adotados

para avaliação do desempenho térmico da edificação pesquisada.

A avaliação da edificação habitacional, considerando o desempenho térmico, deve atender aos requisitos do usuário quanto à permanência nos ambientes. Assim, os critérios de avaliação para as condições de verão segundo a NBR 15575-1 (ABNT, 2013a), considerando os níveis de desempenho mínimo (M), Intermediário (I) e Superior (S) são as apresentadas na Tabela 3, em função da temperatura do ar interna (do ambiente) e da temperatura externa do ar (CBIC, 2013).

Tabela 3 – Critérios de avaliação de desempenho térmico para a ZB07

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i, \text{máx}} \leq T_{e, \text{máx}}$	$T_{i, \text{máx}} \leq T_{e, \text{máx}}$
I	$T_{i, \text{máx}} \leq (T_{e, \text{máx}} - 2^{\circ}\text{C})$	$T_{i, \text{máx}} \leq (T_{e, \text{máx}} - 1^{\circ}\text{C})$
S	$T_{i, \text{máx}} \leq (T_{e, \text{máx}} - 4^{\circ}\text{C})$	$T_{i, \text{máx}} \leq (T_{e, \text{máx}} - 2^{\circ}\text{C})$ e $T_{i, \text{mín}} \leq (T_{e, \text{mín}} + 1^{\circ}\text{C})$

Sendo: M, I e S: Nível de desempenho Mínimo, Intermediário e Superior; T_e , Máx e T_i , máx: Temperatura externa e interna máxima no dia típico de verão ($^{\circ}\text{C}$)

Fonte: Adaptado de NBR 15575-1 (ABNT, 2013a).

Já o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) (INMETRO, 2010) estabelece que a análise do desempenho térmico seja feita através do cálculo de graus-hora de resfriamento de cada ambiente de permanência prolongada da edificação habitacional. Esse indicador representa o somatório anual de graus-hora, calculado a partir da temperatura de base de 26°C para resfriamento conforme recomendação do próprio RTQ-R (BRASIL, 2010), sendo o cálculo realizado através da temperatura operativa do ambiente (obtida na simulação) quando esta se encontra acima da temperatura de base conforme apresentado na Equação 1.

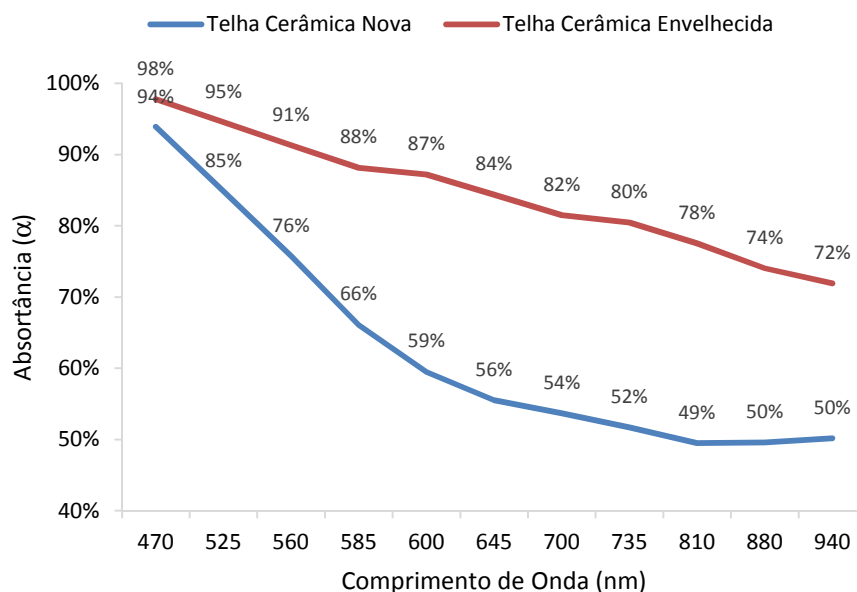
$$GH_R = \sum_{i=0}^{8760} \begin{cases} \text{se } T_i > 26; & (T_i - 26) \\ \text{se } T_i \leq 26; & (0) \end{cases} \quad (1)$$

Em que GHR representa graus-hora de resfriamento anual ($^{\circ}\text{Ch}$) e T_i a temperatura operativa em cada uma das 8.760 horas do ano ($^{\circ}\text{C}$). O quarto 1 em planta foi o ambiente escolhido na análise visto que este apresentou o pior desempenho térmico na edificação avaliada.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Ao se analisar a absorvância das telhas novas e deterioradas, observa-se ação das interperies provocou elevação da absorvância em todos os comprimentos de onda pesquisados (Figura 6). As maiores elevações foram verificadas nos comprimentos de onda do laranja, vermelho, vermelho profundo e região do infravermelho (elevação média ~ 27%).

Figura 6 - Absortâncias em porcentagens das Telhas Cerâmicas



Fonte: Os Autores

Os valores médios das absorções foram determinados para a região do espectro solar, do visível e do infravermelho (Tabela 4). Assim como relatado anteriormente, constata-se que as telhas deterioradas pela ação das intempéries tiveram sua absorção elevada em 27,7% pela modificação da sua cor e rugosidade. Os resultados encontrados para as telhas cerâmicas novas estão de acordo com os apresentados por Bonin e Pezzuto (2013) que encontram valores de absorção variando entre 60 a 75%.

Tabela 4 - Valores médios das Absorções das amostras das telhas cerâmicas.

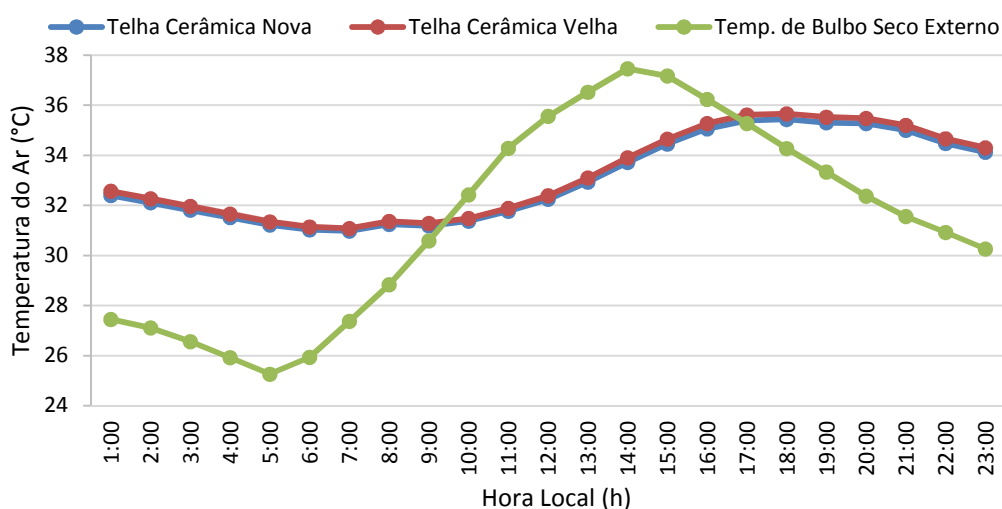
	Telha Cerâmica Nova	Telha Cerâmica Velha
Infravermelho (735-940nm)	0,50	0,76
Visível (470-700nm)	0,67	0,87
Total (solar) (470-940nm)	0,60	0,83

Fonte: Os Autores

Os valores determinados para as absorções foram introduzidas no programa de simulação computacional com intuito de captar o impacto ocasionado pela degradação das telhas pela ação das intempéries. A variação de temperatura interna durante dia típico de verão indicou que a edificação com telha nova no sistema de cobertura apresenta melhor desempenho térmico durante todo o dia típico em relação a edificação com telha cerâmica envelhecida, apesar da diferença ser pequena (Figura 7). Os picos de temperatura do ar no quarto 1 na tipologia com telha nova e envelhecida foram de 35,4°C e 35,7°C, ocorrendo ambas às 18h, indicando

que há um atraso térmico em relação ao pico da temperatura do ar externa de 4 horas. Logo, constata-se que a edificação com telha nova apresentou menor temperatura máxima interna do que a com telha envelhecida ($\sim 0,3^{\circ}\text{C}$). No dia típico de verão, as reduções da temperatura do ar interna em relação à temperatura externa foram de $2,1^{\circ}\text{C}$ e $1,8^{\circ}\text{C}$ nas edificações com telhas novas e envelhecidas respectivamente, indicando que, em virtude da deterioração das telhas, o desempenho da edificação que era intermediário (I) passou a ser mínimo (M) (Tabela 3).

Figura 7 – Comportamento no dia típico de verão para a habitação

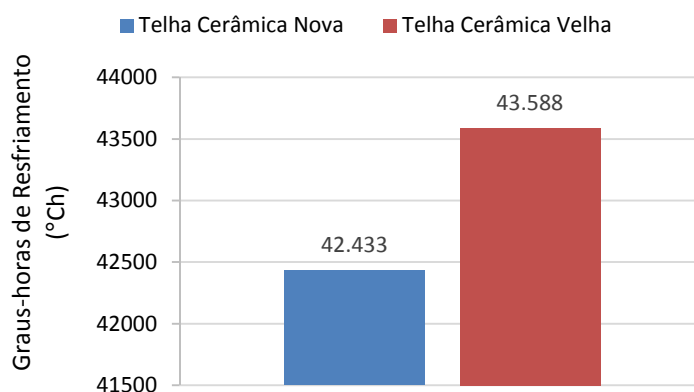


Fonte: Os Autores

O computo dos graus-horas de resfriamento indicou que, anualmente, a habitação com telha nova e envelhecida apresentou 42.433°Ch e 43.588°Ch , respectivamente (Figura 8), o que demonstra que a deterioração da telha ocasiona piora no desempenho térmico de 2,7% em relação à edificação com telha nova.

Apesar de pequena, esse comportamento implica em elevação no consumo de energia para refrigeração, caso os ambientes de permanência prolongada venham a ser condicionados. Os elevados valores de graus-horas de resfriamento anual decorrem do fato da edificação ter sido modelada conforme prescrição da NBR 15575 (ABNT, 2013c) que estabelece que a edificação seja simulada na condição de ausência de ocupação, portas e janelas fechadas e ventilação natural padrão estabelecida para os ambientes (inclusive ático), ocorrendo apenas pelas frestas com 1 taxa de renovação de ar por hora.

Figura 8 - Graus-horas de resfriamento anual



Fonte: Os Autores

5 CONCLUSÕES

A análise a absorvância das telhas novas e deterioradas indicou que a ação das intempéries foi capaz de provocar elevação da absorvância em todos os comprimentos de onda pesquisados. Com resultado, tem-se a telha envelhecida apresentou elevação na absorvância total de 27,7% em virtude da modificação de sua cor e rugosidade superficial.

Em virtude deste fato, houve piora do desempenho térmico no dia típico de verão, fazendo com que o desempenho da edificação segundo a NBR 15575 que era intermediário (I) ($T_{i,máx} - 2^\circ \leq T_{e,máx}$) passasse a ser mínimo (M) ($T_{i,máx} \leq T_{e,máx}$). O computo dos graus-horas de resfriamento indicaram que a deteriorização das telhas cerâmicas ocasionaram piora o desempenho térmico em termos de graus-horas de resfriamento de 2,7% em relação a edificação com telha nova.

Apesar da variação ser pequena, esse comportamento implica em elevação no consumo de energia para refrigeração, caso os ambientes de permanência prolongada venham a ser condicionados. Por outro lado, a incerteza na medição é da ordem de 10%, o que implica em dizer que absorvância média da telha nova está compreendida entre 50 à 70%, enquanto o da telha envelhecida entre 73 à 93%. Considerando a hipótese de que a absorvância da telha nova seja 50% e a da telha deteriorada 93%, os efeitos da deterioração pela exposição às intempéries no desempenho térmico seriam mais elevados, o que justifica a pesquisa e sua continuidade.

Para trabalhos futuros, vislumbra-se a possibilidade de avaliar o desempenho térmico da edificação com outros tipos de telhas, realizando simulações das telhas de concreto e fibrocimento envelhecidas com o intuito de avaliar os desempenhos térmicos e graus-horas de resfriamento das edificações entre estes tipos de componentes no sistema de cobertura.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao PIBIC/UFMT e a FAPEMAT pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

AKBARI, H. ; BERHE, A. A. ; LEVINSON, R. ; GRAVELINE, S. ; FOLEY, K. Aging and weathering of cool roofing membranes. **Report LBNL-58055**. Berkeley: Lawrence Berkeley. National Laboratory, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: Desempenho Térmico de Edificações - Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013a.

_____. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013b.

_____. **NBR 15575-5**: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013c.

BONIN, T. PEZZUTO, C. C. **Medição da refletância e análise de sua influência nos materiais de cobertura**. Anais do XVIII Encontro de Iniciação Científica e Anais do III Encontro de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovador, Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Campinas, 2013.

BRASIL, Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), **Portaria 449, de 25 de Novembro de 2010**, Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, Rio de Janeiro, 2010, Disponível em: < http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC_001462.pdf > Acesso em: 03 Ago, 2015.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013**. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

DOE. United States Department of Energy. Disponível em: <<http://www.energy.gov/>> Acesso em: maio 2016.

DORNELLES, K. A. **Absortância solar de superfícies opacas: Métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA**. 160 f. Tese (Doutorado em engenharia civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Construção, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2008.

DORNELLES, K. A ; SICHIERI, E. Efeitos do intemperismo natural sobre a refletância de tintas brancas para coberturas. In: XV ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 2014, Maceio. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2014. p. 1004-1013.

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

PEREIRA, C. D.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R.; GÜTHS, S.; GHISI, E. **Relatório de avaliação do espectrômetro portátil ALTA II.** Relatório de Pesquisa, CB3E, 2015. Disponível: <http://www.cb3e.ufsc.br/publicacoes> Acesso em: junho 2016.

RORIZ, V. F. **Refrigeração evaporativa por aspersão em telhas de fibrocimento:** estudo teórico e experimental. 2007. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2007.

SEKER, D. Z.; TAVIL, A. Ü. Evaluation of exterior building surface roughness degrees by photogrammetric methods. **Building and Environment**, v. 31, n. 4, p. 393-398, 1996.