



## ANÁLISE COMPARATIVA DE DESEMPENHO TÉRMICO DE TELHAS COMERCIAIS.

**Patrícia R. S. A. Jardim (1); Virgínia M. D. Araújo (2); George S. Marinho (3)**

- (1) Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil – e-mail: patriciaabreujardim@gmail.com  
(2) Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil – e-mail: virgínia@ufrnet.br  
(3) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil – e-mail: gmarinho@ct.ufrn.br

### RESUMO

No presente trabalho teve-se por objetivo estimar o desempenho térmico de alguns tipos de telhas utilizadas na construção civil em Natal-RN, cidade situada em região de clima quente e úmido e de baixa latitude. Foram selecionadas amostras disponíveis no mercado, tendo como critério a demanda local e fatores de inovação. Os registros das temperaturas superficiais de cada amostra foram obtidos por meio de termopares, conectados a um sistema de aquisição de dados por computador. As telhas foram montadas em câmaras de testes e submetidas a aquecimento gerado por uma fonte de radiação térmica artificial. Os registros das temperaturas, superficial de cada amostra, da face inferior do forro, do interior da câmara de testes e do piso da câmara, foram automaticamente realizados a cada 5 minutos, durante 24 horas. Com base nas curvas de temperatura superficiais, foram realizadas análises comparativas de desempenho térmico entre as diferentes amostras consideradas neste estudo. Os resultados finais revelaram a necessidade de se adotar critérios técnicos durante a escolha de determinados tipos de telhas para coberturas de edificações situadas em regiões de baixas latitudes, como é o caso do nordeste do Brasil.

Palavras-chave: Desempenho térmico; Cobertura; Telhas.

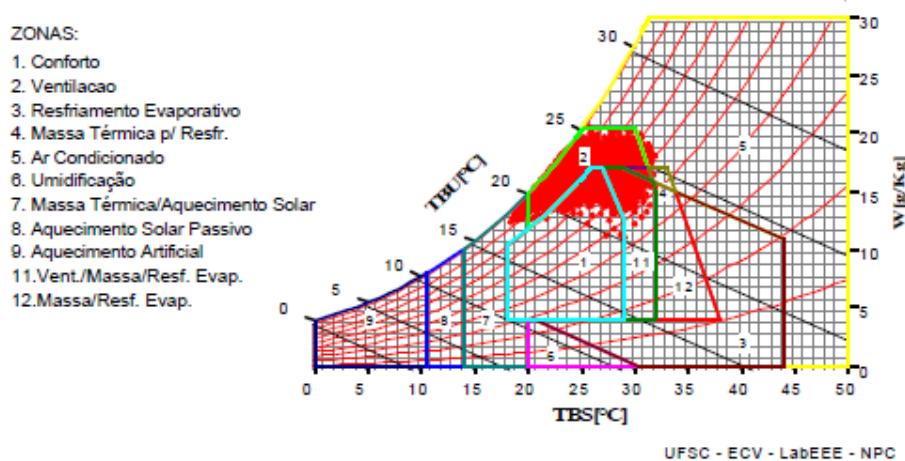
## 1 INTRODUÇÃO

Nas regiões de clima quente e úmido e de baixa latitude o ganho térmico pela cobertura é bastante significativo quando comparado com as outras superfícies da envoltória da edificação.

O maior problema nestas regiões é a temperatura constante, sem alterações diárias notáveis, onde construções pesadas apresentam poucas vantagens e a sombra, depois da ventilação, passa a ser um dos recursos mais eficazes para se combater o desconforto (HERTZ, 1998).

Nessas condições, o comportamento das superfícies varia e a cobertura passa a ser um elemento chave do projeto no que se refere à redução das cargas térmicas transferidas para o ambiente interno.

Caracterizada por essas condições, a cidade de Natal-RN recebe uma alta carga térmica, chegando a ter o sombreamento recomendado na edificação e em suas aberturas em 99,4% do ano, segundo LAMBERTS, et al. (2005) (Fig.1)



**Figura 1-** Carta Bioclimática para Natal/RN

Fonte: LAMBERTS et al. (2005).

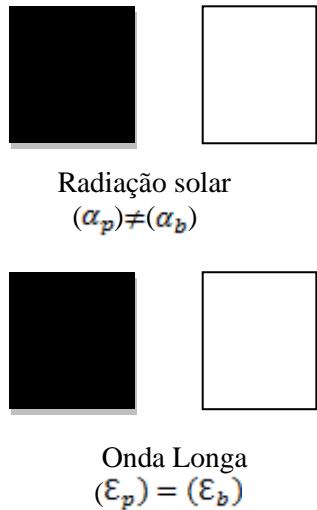
Essa alta carga térmica recebida pela cobertura é transferida ao interior da edificação, geralmente provocando um aumento no consumo de energia, dependendo das características de sua envoltória, sendo necessário adotar medidas que minimizem a necessidade de resfriamento ativo.

Uma das formas de se conseguir um melhor desempenho de uma edificação situada em baixa latitude diz respeito ao conhecimento das propriedades térmicas dos materiais que irão compor a cobertura.

Segundo Kabre (2009), o desempenho de um telhado opaco é função de suas propriedades termofísicas (absortividade, emissividade e refletividade) e das condições dos ambientes externo e interno.

Por muito tempo, as cores foram usadas como indicativas da absorvidade dos materiais. Porém, alguns estudos revelaram que esse não é o critério mais adequado. Dornelles e Roriz (2007), utilizando um espectrofotômetro para realizar medições de cores de tintas, determinaram que as superfícies opacas comportam-se de maneira distinta nas diferentes regiões do espectro solar.

Conforme o brilho da cor de uma superfície, a absorvidade diminui e a refletividade aumenta; mas, no que se refere a radiação de onda longa, a cor não indica o comportamento da superfície. Para cada comprimento de onda específico a emissividade e a absorvidade são numericamente iguais, mas ambas podem variar para diferentes comprimentos de onda (Fig. 2).



**Figura 2-** absorvidade e emissividade podem variar para diferentes comprimentos de onda.

Seeker e Tavil (1996), apud Roriz et al.(2007), mediram a rugosidade e a absorvância de dez amostras pintadas com a mesma tinta branca. Nessas condições, por meio de análise de regressão, identificaram que para cada 1.0 mm de acréscimo na rugosidade a absorvância aumentava em 23%.

Quando se tratam de fechamentos opacos de pouca espessura, como as telhas, a absorvância passa a ter mais importância que a inércia térmica. Portanto, as telhas são os componentes de cobertura que tem mais relação com o ganho de calor de uma edificação em regiões de baixas latitudes, principalmente em coberturas sem forro.

Diante do exposto, a especificação de materiais de cobertura para a cidade de Natal-RN, deve ter como critério o desempenho térmico dos materiais e o conhecimento de suas propriedades termofísicas.

Observou-se que muitos produtos encontrados no mercado local não possuem especificações corretas quanto a essas propriedades, contribuindo para um uso equivocado dos materiais por parte dos profissionais da área de construção e resultando em edificações com grande desconforto térmico.

Diante deste fato, foram selecionados alguns tipos de telhas encontradas no mercado local para ser submetido a aquecimento artificial em câmaras térmicas, visando estimar o seu desempenho.

## 2 OBJETIVO

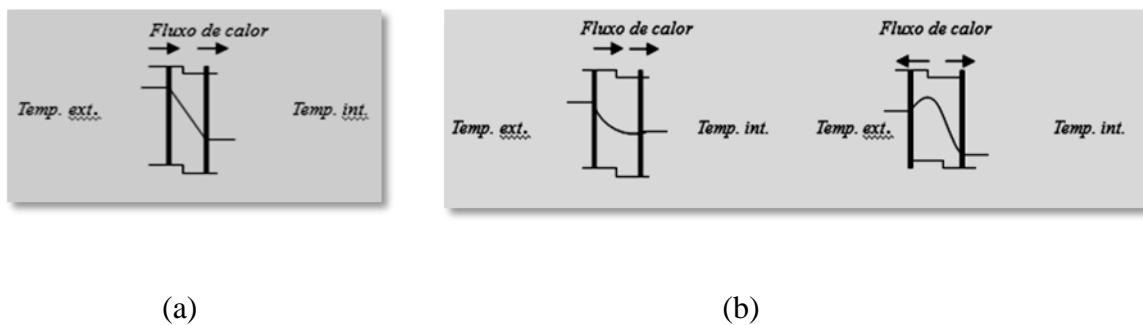
O objetivo deste estudo é analisar o desempenho térmico de quatro tipos de telhas comerciais usadas em edificações na cidade de Natal-RN, utilizando-se câmaras de desempenho térmico em regime permanente.

### 3 METODOLOGIA

Para se analisar o comportamento térmico de materiais e edificações existem duas abordagens básicas: a experimentação em regime permanente e a experimentação em regime dinâmico.

No *regime permanente* assume-se que as temperaturas externas e internas da edificação ou do protótipo permanecem constantes por longos períodos (Fig.3a).

Em *regime dinâmico* consideram-se as variações temporais das temperaturas externas e internas (Fig.3b).



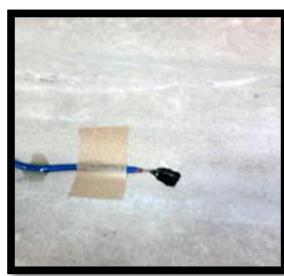
**Figura 3-** Fluxo de calor em regime permanente (a) e em regime dinâmico (b) respectivamente.

Neste estudo as análises de desempenho térmico foram realizadas em regime permanente, utilizando-se duas câmaras de ensaios de madeira compensado, com as seguintes dimensões: 0,50 m de comprimento, 0,50 m de largura e 0,50 m de altura.

As telhas foram colocadas dentro das câmaras, apoiadas em uma placa de MDF com espessura de 3,0 mm, simulando o forro de uma habitação.

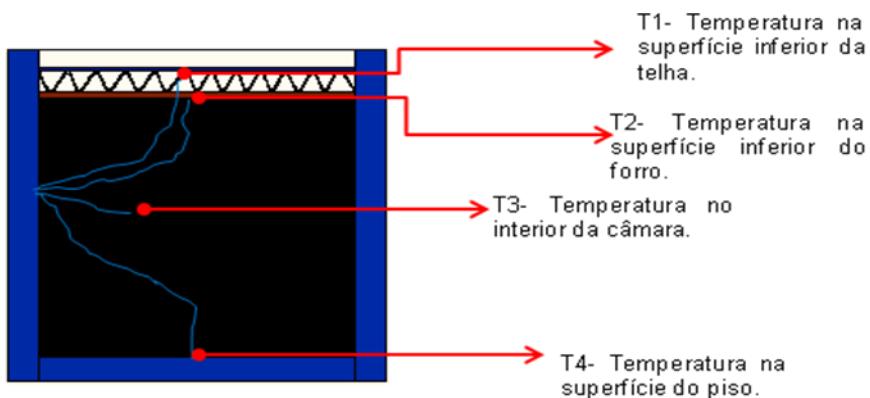
Cada câmara foi instrumentada com termopares (tipo T – cobre-constantan), fabricados no Laboratório de Transferência de Calor (LTC) e calibrados no Laboratório de Metrologia da UFRN (LabMetrol).

A fixação dos termopares foi feita com uma mistura de óxido de cobre ( $\text{CuO}$ ) e resina epóxi (Araldite), adotando-se um tempo de cura de 24 horas. O óxido de cobre foi usado para evitar que a resina isolasse o termopar, fato que impediria a correta captação dos dados de temperatura (Fig.4).



**Figura 4-** Foto do termopar fixado na superfície inferior da telha.

Um termopar foi fixado na superfície inferior de cada telha e os demais foram fixados: na superfície inferior do forro, no interior e no piso das câmaras; em seguida, foram conectados a um sistema de aquisição de dados interligados a um computador, programado para registrar a cada cinco minutos a média das dez últimas medições (Figuras 5 e 6).



**Figura 5-** Infográfico do posicionamento dos termopares no interior da câmara térmica.



**Figura 6 –** Fotos dos termopares conectados a placa de aquisição de dados conectada ao computador.

### 3.1- Procedimentos experimentais.

O aquecimento artificial foi fornecido por um banco de lâmpadas incandescentes, fixadas em um suporte móvel, basculante e com dispositivo para regulagem da distância às câmaras, com 2.400 W de potência, para uso como fonte de radiação térmica destinada ao aquecimento das telhas. Nas fotos da figura (7) mostram-se as câmaras de ensaio de desempenho térmico com as telhas estudadas.



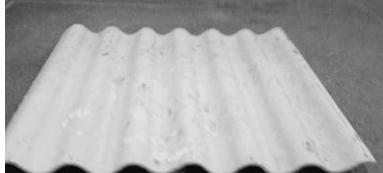
**Figura 7-** Câmaras de ensaios de desempenho térmico com as telhas estudadas.

As câmaras de desempenho térmico foram calibradas, cobertas apenas com o forro de MDF e montadas sob a fonte de radiação térmica artificial. A calibração permitiu determinar as diferenças de temperaturas nos pontos de medição no centro e no piso das câmaras.

Para realização dos testes, o computador era ligado e a sala de experimentação era climatizada antes do início do aquecimento. Depois de 1 hora, as lâmpadas eram ligadas e a sala lacrada por 24 horas – tempo de duração de cada teste. Este tempo é suficiente para que o sistema atinja o regime permanente e para se obter uma quantidade expressiva de dados, caso ocorra alguma interferência na temperatura no interior do laboratório. Após 24 horas, a sala era aberta, as lâmpadas desligadas e o registro em computador gravado em um disco removível.

Em seguida o computador era desligado e todas as portas do laboratório eram abertas para acelerar o processo de resfriamento das câmaras, procedimento que durava cerca de 1 hora. Após esse período, trocavam-se as amostras de telhas e repetiam-se os procedimentos anteriores.

Para realização dos ensaios foram confeccionados quatro corpos de prova (49,5cm x 49,5cm). Os tipos de telhas considerados no estudo foram selecionados em função da disponibilidade no mercado, tendo-se como critério a demanda local e fatores de inovação (Fig.8).

	Amostra - A1 Telha vermelha Espessura: 3.0 mm Composição: fibra de celulose e betume.
	Amostra - A2 Telha verde Espessura: 3.0 mm Composição: fibra de celulose e betume.
	Amostra – B Telha de material reciclado (MR). Espessura: 6.0 mm Composição: alumínio e polietileno
	Amostra - C Telha de fibrocimento Espessura: 4.0mm Composição: cimento reforçado com fio sintético.

**Figura 8-** Fotos das telhas estudadas.

Além dos ensaios em câmaras térmicas foram realizadas avaliações das propriedades termofísicas das telhas, utilizando-se para tanto um medidor de propriedades térmicas Quick-line MT-30 do Laboratório de Geologia da UFRN.



(a)



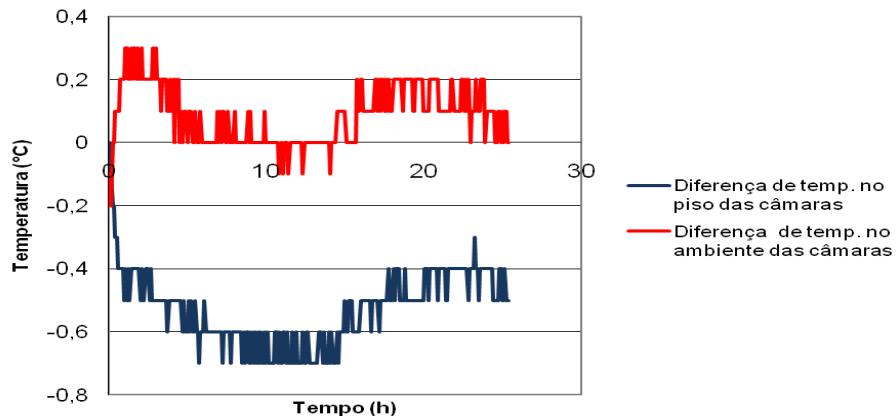
(b)

**Figura 9-** Fotos do medidor de propriedades térmicas Quick-line 30 (a) e da sonda de superfície (b), utilizados para medir as propriedades termofísicas das amostras.

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO

### 4.1 Teste de Calibração

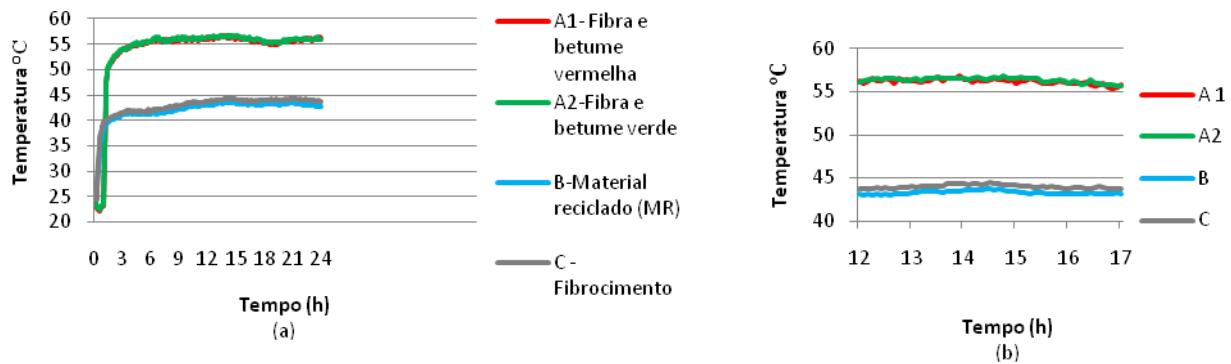
Constatou-se que a máxima diferença entre as temperaturas no interior das câmaras foi de aproximadamente  $0.3^{\circ}\text{C}$ , enquanto no piso a diferença máxima foi de  $0.7^{\circ}\text{C}$ . Assim, estando os valores dentro da faixa de incerteza dos termopares (cerca de  $1^{\circ}\text{C}$ ), pode-se considerar que as câmaras ofereceram equivalência de condições, fator imprescindível aos objetivos do estudo realizado.



**Figura 10-** Gráfico das temperaturas no interior das câmaras e no piso no teste de calibração.

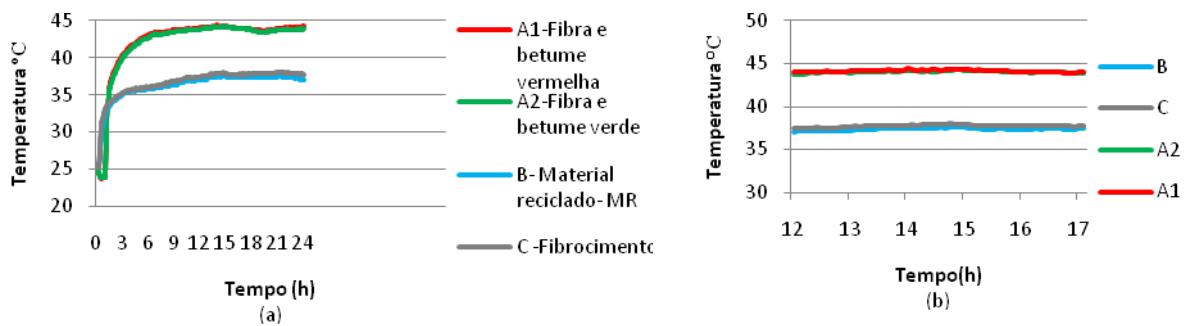
### 4.2 Testes com telhas

Nos gráficos abaixo apresentam-se as curvas das temperaturas superficiais das amostras, do forro, do piso e de bulbo seco no interior das câmaras, em função do tempo, no período de 24h (Fig.11-a). Observou-se que, entre 12h00 e 17h00, foi atingido o regime permanente (Fig. 11-b).



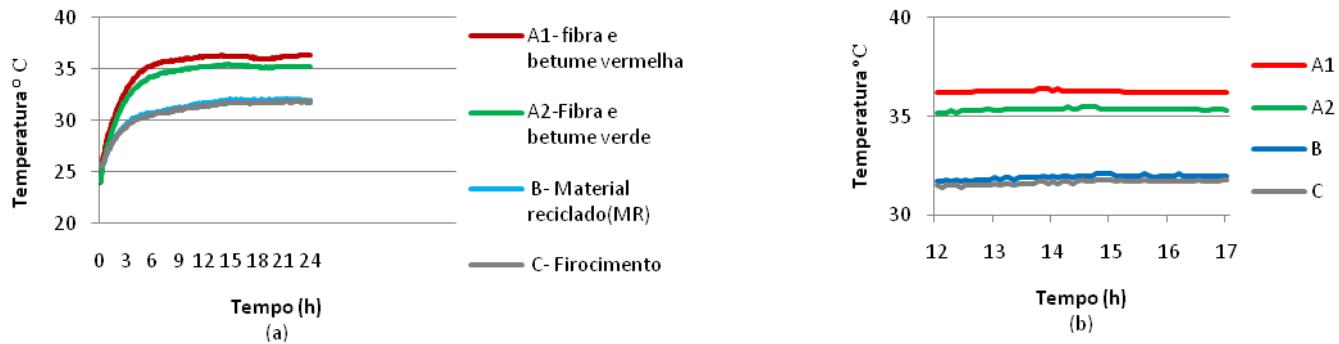
**Figura 11-** Gráficos das temperaturas superficiais de cada amostra

Das amostras analisadas, as telhas A1 e A2 (fibra de celulose e betume) apresentaram as maiores temperaturas superficiais. As telhas B (material reciclado) e C (fibrocimento) não apresentaram diferenças de temperaturas significativas. O mesmo padrão de comportamento foi observado na superfície inferior dos forros das câmaras (Fig.12).



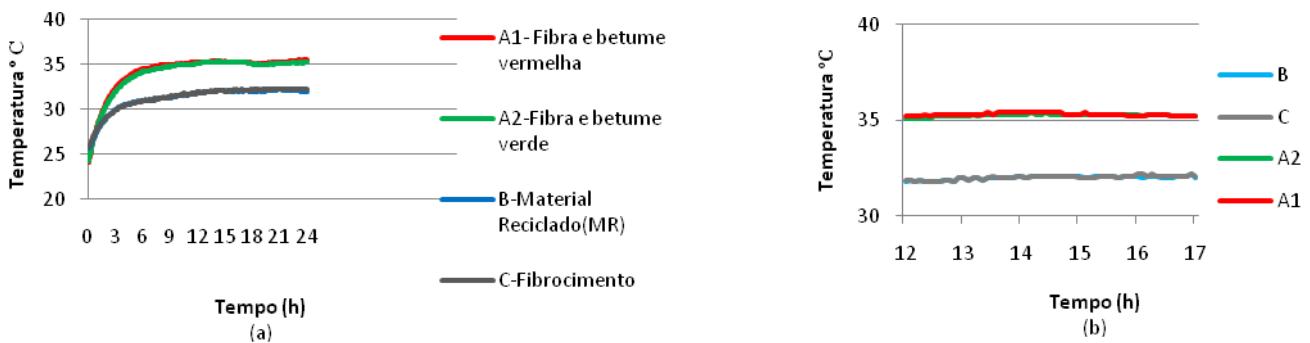
**Figura 12-** Temp. na superfície inferior dos forros.

Verificou-se que a temperatura no interior da câmara, quando testada a amostra A1 (Fibra e betume vermelha) foi mais elevada que a da amostra A2 (Fibra e betume verde). As demais mantiveram o mesmo padrão de comportamento (Fig.13).



**Figura 13-** Gráfico das Temperaturas de bulbo seco no interior das câmaras.

No caso das temperaturas superficiais do piso das câmaras, as amostras A1 (fibra e betume vermelha) e A2 (fibra e betume verde) apresentaram comportamentos semelhantes, da mesma forma que as amostras B (material reciclado) e C (Fibrocimento) (Fig.14).



**Figura 14-** Gráfico das temperaturas superficiais do piso das câmaras.

## 5 CONCLUSÕES

Observou-se que as telhas A1 e A2, tanto na cor vermelha quanto verde, apresentaram maiores valores de temperaturas superficiais em comparação com as demais; porém, houve uma alteração nas temperaturas medidas no interior das câmaras, onde se verificou uma diferença de aproximadamente 1°C entre elas, fato que pode ser atribuído ao percentual de erro do termopar, associado a uma pequena diferença na absorção devido à cor. Os elevados valores de temperatura superficial podem ser atribuídos às características apresentadas pelo material, tais como: menor espessura, presença de rugosidade superficial e cor escura fosca, características que, segundo Dornelles e Roriz(2007) e Peralta(2006), podem aumentar consideravelmente a absorção das superfícies.

Em um segundo momento deste estudo, serão realizadas análises de refletância, para que se possa estimar a absorção dos materiais aqui considerados.

As amostras C (fibrocimento) e B (material reciclado) apresentaram desempenhos térmicos muito próximos, condizentes com avaliações de comportamento térmico (célula teste) e refletividade, realizadas por Peralta (2006). Por outro lado, os resultados referentes à amostra (B) apresentam-se diferentes dos divulgados no mercado, onde este material teria ótimo desempenho devido à cor clara e presença de alumínio em sua composição, responsável pela reflexão de parte da energia térmica incidente. Esses erros de avaliação e os resultados obtidos neste estudo corroboram os dados obtidos por Dornelles (2007), que concluiu ser inadequada a análise de comportamento térmico apenas com base no parâmetro cor, e recomendou considerar uma associação de características e propriedades inerentes ao material.

A partir dos resultados, verificou-se que as telhas analisadas devem ser usadas com critérios técnicos em regiões de clima quente e úmido e seus usos devem estar associados, de acordo com a literatura, a elementos de isolamento térmico e utilização de técnicas passivas de resfriamento, como áticos ventilados, forro e pé direito mais elevado.

As análises de desempenho em regime permanente possibilitaram uma visão inicial do comportamento destas telhas, havendo a necessidade de se desenvolver estudos mais aprofundados, que possam estimar com menor incerteza as propriedades termofísicas das mesmas, evitando-se, assim, que aplicações inadequadas possam resultar em edificações com desconforto e gasto energético excessivo.

## **6 REFERÊNCIAS**

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos.** 2<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Revan, 2009.

DORNELLES, Kellen A.; RORIZ, Mauricio. A ilusão das cores na identificação da absorção solar de superfícies opacas. In: IX ENCONTRO NACIONAL E V LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2007, Ouro Preto. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2007.

HERTZ, John B. **Ecotécnicas em Arquitetura:** Como projetar nos Trópicos Úmidos do Brasil. São Paulo: Pioneira, 1998.

KABRE, Chitrarekha. **A new thermal performance index for dwelling roofs in the warm humid tropics.** 2009. Disponível em: < WWW: Sciencedirect.com/science/journal/03601323>. acesso em: 19 de julho de 2010.

LAMBERTS, R; DUTRA, L; PEREIRA, O. R.. **Desempenho Térmico de Edificações.** LabEEE-Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

PERALTA, Gizela. **Desempenho térmico de telhas: análise de monitoramento e normalização específica.** 2006.131f. Dissertação (Arquitetura e Urbanismo)- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2006.

## **7 AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à FINEP pelo suporte experimental do estudo, através de instrumentos adquiridos no projeto Habitare (convênio n. 01.04.1086-00) e a CAPES pela bolsa de mestrado concedida.