



# ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO EM EDIFICAÇÕES: EFEITO DE DIFERENTES REVESTIMENTOS QUÍMICOS

G. M. PALMA, A. C. L. HORTA e P. R. F. ROSA

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química  
E-mail para contato: [gui.mpalma@gmail.com](mailto:gui.mpalma@gmail.com)

**RESUMO** – O objetivo deste estudo é analisar as distribuições de temperatura, o conforto térmico e a contenção de ilhas de calor, proporcionados por diferentes produtos químicos, de forma a promover soluções simples e acessíveis para a redução do consumo de energia na refrigeração de ambientes. Para isso, foi realizado um estudo do isolamento térmico a partir de diferentes revestimentos aplicados: sem revestimento (RN), placas rígidas de poliuretano (PU) e dois tipos de resinas acrílicas (RA e RB) em edificações. A análise foi realizada a partir da exposição ao sol de quatro unidades experimentais revestidas com os produtos mencionados. Os resultados indicam que a aplicação de resinas acrílicas tem influência significativa na redução da temperatura de superfícies e, portanto, no abrandamento de ilhas de calor e que o uso de poliuretano é recomendável para o caso de isolamento de ambientes refrigerados.

## 1. INTRODUÇÃO

Notoriamente, a sustentabilidade tem sido um dos temas mais discutidos em pautas internacionais nas últimas décadas. Tendo em vista os compromissos do Brasil em reduzir a emissão de gases do efeito estufa e aumentar sua eficiência energética, é imprescindível a utilização de produtos químicos e suas propriedades térmicas para a obtenção de melhores resultados energéticos. Devido à baixa condutividade térmica das placas de poliuretano (PU), elas podem exercer um importante papel como isolante térmico (Demharter, 1997). Já as resinas acrílicas brancas, correntemente denominadas resinas de “*Cool Roof*”, aumentam a refletividade da superfície revestida e, portanto, reduzem a temperatura e energia emitida por radiação (Suehrcke *et al.*, 2008; Akbari *et al.*, 2005). Dessa forma, é esperado que ambos permitam uma diminuição nas temperaturas internas e externas de ambientes. A diminuição de temperatura promovida pelos revestimentos de PU e resinas acrílicas é altamente desejável, visto que pode acarretar uma redução na temperatura média de centros urbanos, aumento da convecção natural em ambientes fechados e diminuição nos gastos com refrigeração. Assim, o objetivo desse estudo foi, através das propriedades térmicas destes produtos avaliados, mapear a efetividade de cada revestimento e compreender as possibilidades de sua utilização para a solução de problemas ambientais relacionados à eficiência energética.

## 2. METODOLOGIA

Foram construídas quatro unidades experimentais distintas, utilizando tijolos e telhas de barro, conforme mostram a Tabela 1 e Figura 1.

Tabela 1 – Produtos aplicados às unidades experimentais

	Unidade Experimental 1	Unidade Experimental 2	Unidade Experimental 3	Unidade Experimental 4
Revestimento Aplicado	RN (sem revestimento)	PU (placas de poliuretano)	RA (Denversol Top Reflective)	RB (Metalatex Eco Telha Térmica)

Figura 1 – Unidades experimentais.



Para a medição dos valores de temperatura interna e de telha, cada unidade continha um sensor dentro de seu espaço interno (DHT11 – faixa de medição 0 a 50°C) e um sensor no interior de sua telha (LM35 – faixa de medição -55 a 150°C), como mostra a Figura 2.

Figura 2 – Sensores de temperatura.

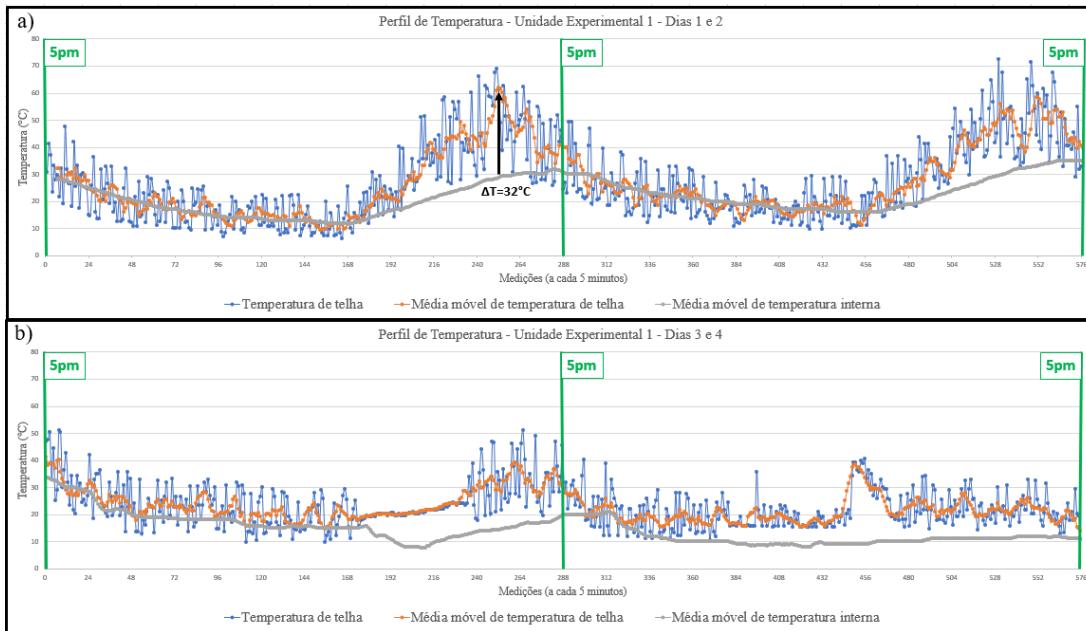


Todos os dados medidos foram enviados a um Arduino UNO, programado para a obtenção, conversão e impressão dos valores. Esses valores foram então filtrados pelo método da média móvel, plotados em gráficos e analisados no programa MS Excel. As medições tiveram início às 5pm, os dados eram adquiridos a cada cinco minutos (vinte e quatro medições a cada duas horas) e foram obtidos entre os dias 01/11/2017 e 19/11/2017, estação de primavera no Brasil, no interior do *campus* da Universidade Federal de São Carlos.

### 3. RESULTADOS

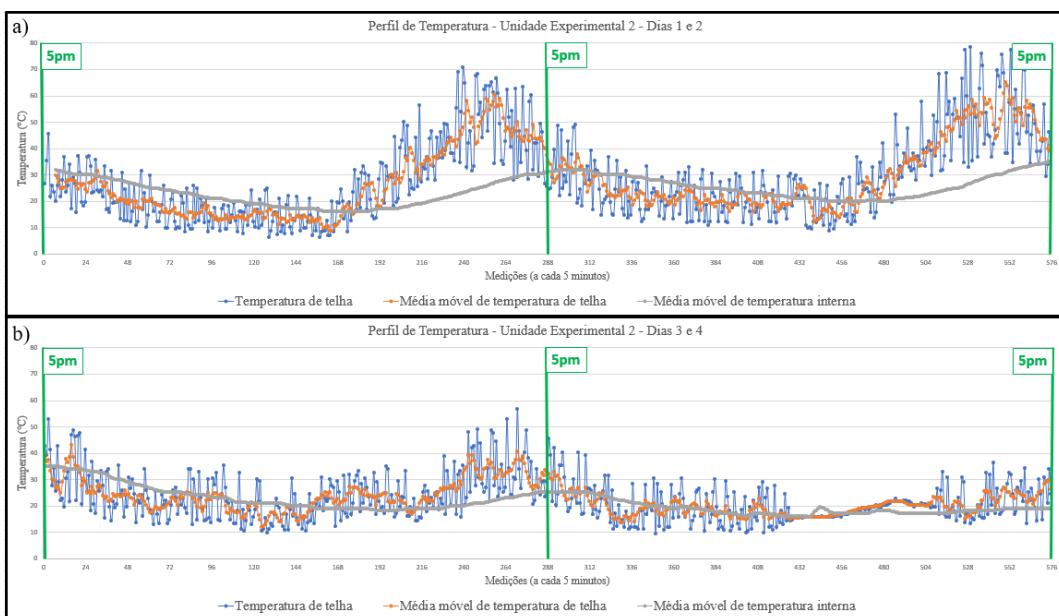
Os quatro dias iniciais apresentaram dados interessantes para análise. Os dois primeiros dias foram quentes e os dois seguintes amenos, com valores de radiação global em São Carlos de 56.521,7 e 49.190,9 KJ/m<sup>2</sup> respectivamente (INMET, 2019). Assim, foi possível comparar o comportamento das unidades em diferentes condições de temperatura. Os dados brutos de temperatura de telha, sem tratamento pelo método da média móvel, foram plotados apenas para se destacar a suavização e importância da utilização do método para amenizar ruídos dos sensores. As análises a seguir, portanto, são baseadas nos dados das médias móveis. As distribuições de temperatura da unidade sem revestimento podem ser visualizadas na Figura 3.

Figura 3 – Distribuição de Temperatura da Unidade 1: a) Dias 1 e 2; b) Dias 3 e 4.



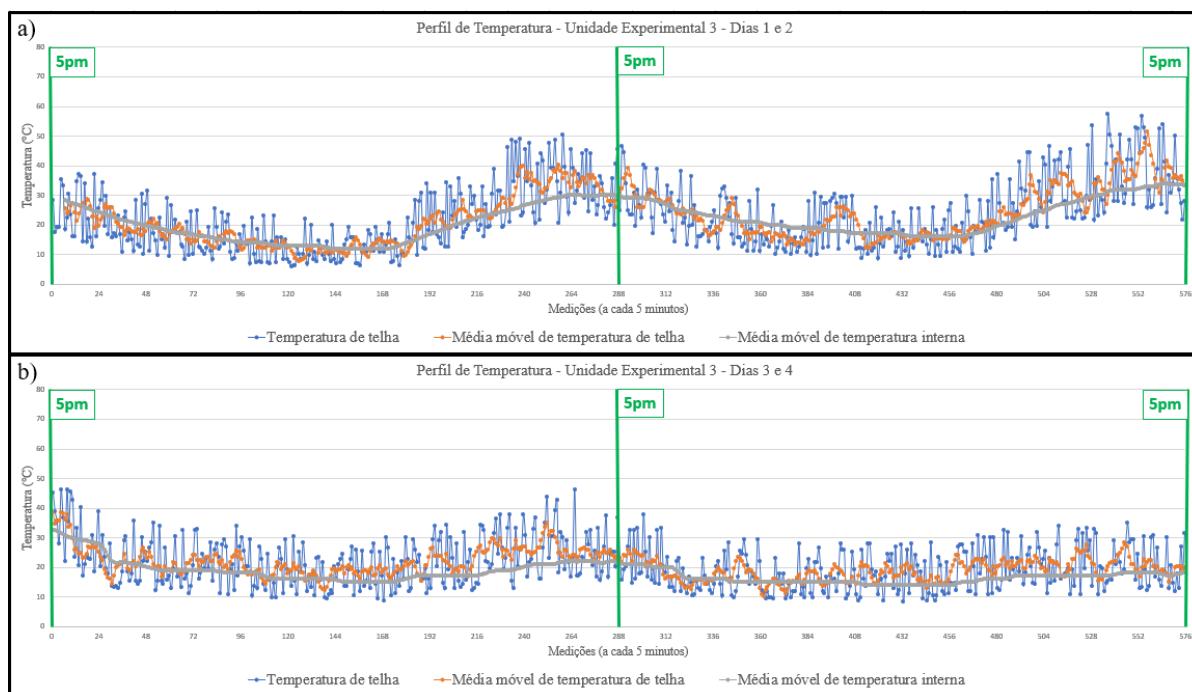
Na Figura 3.a, dias quentes, observa-se que os valores de temperatura interna foram inferiores aos de telha nos períodos quentes do dia ( $\Delta T$  chega a  $32^{\circ}\text{C}$  às 2pm). Isso limita a ocorrência de convecção natural no interior da unidade, massa de ar quente acima da massa de ar frio, e gera desconforto térmico (Suehrcke *et al.*, 2008). Os altos valores da temperatura de telha, que ultrapassam os  $60^{\circ}\text{C}$ , indicam também que a energia emitida pela superfície é elevada e ocasiona um grande aumento na temperatura externa. Na Figura 3.b, dias amenos, o desprendimento entre as temperaturas internas e de telha se manteve durante o dia todo. As distribuições de temperatura da unidade com PU podem ser visualizadas na Figura 4.

Figura 4 – Distribuição de Temperatura da Unidade 2: a) Dias 1 e 2; b) Dias 3 e 4.



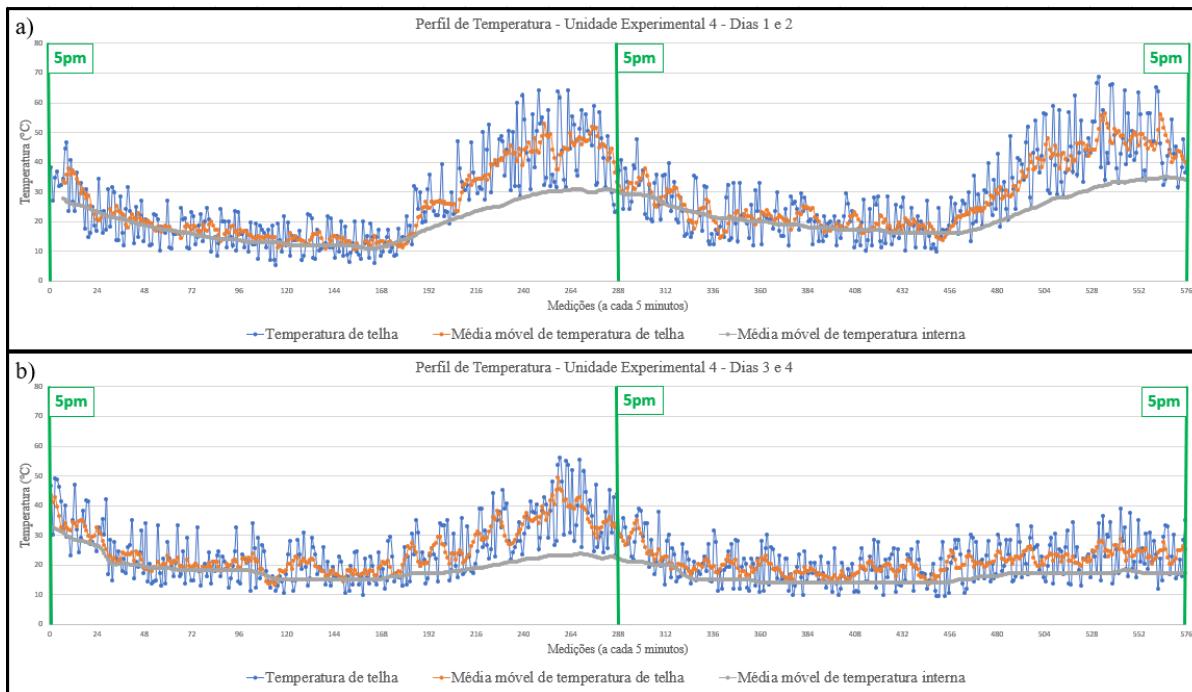
Na Figura 4.a, novamente a linha de temperatura interna se localizou abaixo da temperatura de telha nos períodos mais quentes, porém, durante a noite a temperatura interna foi maior que a temperatura externa. Diferentemente das outras unidades, o PU promoveu temperaturas internas até 10°C superiores às temperaturas de telha no período noturno. Isso se dá pelo fato de o PU confinar a energia no interior da unidade. Apesar da temperatura de telha ser menor que a interna, nesse caso também não há o gradiente de temperatura para que ocorra convecção natural no interior da unidade (afinal a placa de PU estará promovendo o isolamento), ou seja, para o caso de climas tropicais o PU é altamente indesejável. Na Figura 4.b, dias amenos, a temperatura interna se manteve mais constante, sendo um pouco mais alta que a externa durante a noite e um pouco mais baixa durante o dia. As distribuições de temperatura da unidade revestida com RA podem ser visualizadas na Figura 5.

Figura 5 – Distribuição de Temperatura da Unidade 3: a) Dias 1 e 2; b) Dias 3 e 4.



Diferentemente dos casos anteriores, nas Figuras 5.a e 5.b não se observou um grande desprendimento entre as temperaturas interna e de telha, independente do horário do dia. Esse fato é consequência da menor absorção de energia solar pela telha recoberta com a resina RA. Nos dias amenos, por exemplo, em nenhum momento a temperatura de telha atinge 40°C. A temperatura mais baixa da superfície favorece tanto a redução da energia emitida por radiação (para evitar ilhas de calor) quanto a convecção natural no interior do ambiente por conta da formação de massas de ar frio acima de massas de ar quente no interior da unidade. As distribuições de temperatura da unidade revestida com RB podem ser visualizadas na Figura 6.

Figura 6 – Distribuição de Temperatura da Unidade 4: a) Dias 1 e 2; b) Dias 3 e 4.



Apesar do recobrimento da unidade 4 com a resina RB, observa-se nas Figuras 6.a e 6.b uma tendência próxima às unidades experimentais sem tratamento de telha. Períodos quentes do dia apresentam temperaturas de telha frequentemente acima dos 50°C. Dessa forma, conclui-se que a RB não foi tão efetiva quanto a RA para amenização das temperaturas de superfície. Vale citar que ambas foram utilizadas de acordo com as recomendações do fabricante. A análise das médias de todo conjunto de dados, relativos aos dezenove dias de experimento, reforça as tendências consideradas nos gráficos de temperatura em função do tempo. As médias, máximos e mínimos de temperatura são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Médias das temperaturas

	RN	PU	RA	RB
Média temperaturas de telha (°C)	25,59	26,21	22,53	25,98
Média temperaturas internas (°C)	19,74	23,93	20,47	20,45
Temperatura máxima (°C)	61,74	63,78	51,45	56,27
Temperatura mínima (°C)	9,88	8,74	8,16	11,33

Tendo em vista a média das temperaturas de telha, era esperado que as telhas sem resina, RN e PU, tivessem valores similares, e que RA e RB apresentassem temperaturas menores. Conforme já citado, a resina RB não impedi a absorção de energia (térmica) proveniente da luz solar. Observando agora as médias das temperaturas internas, fica evidente que a aplicação de resinas não reduziu significativamente a temperatura interna das unidades. Na verdade, a menor média foi observada na unidade sem nenhum tratamento. Esse fato provavelmente é consequência da existência de convecção mássica forçada que mistura o ar

externo ao interno das unidades experimentais (que possuem aberturas), o mesmo que ocorre em residências quando se abrem janelas e portas. Pode-se considerar também a maior retenção de água pela telha sem resina (não impermeabilizada), que resfria mais rapidamente com o sereno noturno ao perder essa água de acordo com o conceito de temperatura de bulbo úmido. Contudo, essa segunda hipótese é menos provável, afinal RN não demonstrou temperatura de telha menor. O maior valor de média de temperatura interna foi atingido pela unidade com placas de PU, o que já era esperado por conta da característica isolante do material.

Comparando os resultados obtidos com valores da literatura, Suehrcke *et al.* (2008) apresenta dados de medição de temperatura máxima e mínima de telha. Evidentemente, a comparação de valores absolutos para diferentes regiões não é representativa. Os parâmetros e condições climáticas encontrados por Suehrcke *et al.* (2008) são relativas ao clima australiano, que notoriamente se diferem do brasileiro. Todavia, é possível analisar as variações entre unidades com e sem resina e comparar os resultados. No caso da literatura, a temperatura máxima obtida com utilização da resina, 35°C, equivale a 63,6% da temperatura máxima sem resina, 55°C, enquanto a maior diferença entre temperaturas de telha máximas encontradas neste trabalho foi entre PU e RA, com percentual de 80,7%. Visto que não há variação relevante entre a absorbância e emissividade da resina utilizada na literatura e RA, um fator que pode explicar a discrepância é a não consideração da condução de calor entre a telha e o sensor neste estudo. Com relação às temperaturas mínimas, Suehrcke *et al.* (2008) apresenta valor mínimo de 14°C com resina e 13°C sem resina. Como são sempre relativas a períodos noturnos, em que os fatores de absorbância e emissividade das resinas são irrelevantes, é natural que resultados de unidades com e sem resina sejam similares.

## 4. CONCLUSÃO

Com relação às resinas de “*Cool Roof*”, a resina RA reduziu significativamente a temperatura de telha. A temperatura média de telha foi aproximadamente 3°C abaixo das outras unidades experimentais, por conta disso o fluxo de calor por convecção natural no interior da unidade tende a ser maior e o de radiação para o exterior menor, o que promove maior conforto térmico e redução de ilhas de calor. Todavia, a resina RB não obteve os mesmos resultados, o que indica que a qualidade do produto é fundamental para ganhos de eficiência relevantes. Com relação às temperaturas internas, independentemente da resina utilizada, não foram observados resultados satisfatórios. O isolamento térmico a partir de placas rígidas de PU se mostrou muito adequado em ocasiões onde há refrigeração interna na edificação, afinal, evita que grande parte da energia emitida por radiação das telhas seja transferida para o ambiente interno.

## 5. REFERÊNCIAS

- AKBARI, H.; LEVINSON, R.; RAINER, L. *Monitoring the energy-use effects of cool roofs on California commercial buildings*. Berkeley, CA, 2005.
- DEMHARTER, A. *Polyurethane rigid foam, a proven thermal insulatin material for applications between +130°C and -196°C*. Überlingen, Germany, 1997.
- SUEHRCKE, E. L.; PETERSON, E. L.; SELBY, N. *Effect of roof solar reflectance on the building heat gain in a hot climate*. 13p. Townsville, Australia, 2008.