

## **RESULTADOS DE UM MONITORAMENTO TÉRMICO EM TELHADOS DE FIBROCIMENTO**

Hugo Sefrian Peinado (PIC/UEM) E-mail: hugo.civil@hotmail.com

Douglas Lautenschlager Peres (PIC/UEM) E-mail: douglautens@hotmail.com

Dra. Marcela Paula Maria Zanin Menegueti (Prof. DEC/UEM) E-mail: marcela@mzm.eng.br

**Resumo:** Este estudo de caso é parte de uma pesquisa que investiga o desempenho térmico das coberturas das edificações do Campus Sede da Universidade Estadual de Maringá-PR. Este recorte relata os resultados de um monitoramento do comportamento térmico em três telhados de fibrocimento com diferentes idades de instalação. Os resultados permitem concluir que o monitoramento térmico dos telhados possibilita soluções pontuais e com redução dos impactos ambientais como forma de assegurar conforto ao usuário e a sustentabilidade da edificação.

**Palavras-chave:** Desempenho térmico, Fibrocimento, Maringá, Telhado.

## **RESULTS OF A THERMAL MONITORING IN ROOFS OF CEMENT FIBER**

**Abstract:** This study of case is part of a research that investigates the coverings thermal acting of the Maringá State University constructions. This cutting tells the results of a monitoring of the thermal behavior in three Cement Fiber roofs with different installation ages. The results allow to conclude that the thermal monitoring of the roofs makes possible punctual solutions and reduction of the environmental impacts as form of assuring comfort to the user and the sustainability of the construction.

**Keywords:** Thermal acting, Cement Fiber, Maringá, Roof.

### **1. INTRODUÇÃO**

A cobertura é o componente da construção mais exposto à radiação térmica em que, dependendo das propriedades da sua superfície atingida, ocorrem diferentes processos de transferência de calor entre o ambiente externo e interno; a carga térmica recebida pela cobertura em uma edificação térrea pode chegar a 72,3% (MASCARÓ; MASCARÓ, 1992); uma superfície cinza ou preta possui refletância próxima a dez por cento, ou seja, absorve praticamente toda a radiação (IKEMATSU, 2007); em relação à refletância na região de infravermelho, a variação entre os valores máximos e mínimos ficou entre 32% (fibrocimento) e 80% (fibrocimento com aplicação de tinta branca) (PERALTA, 2006); em climas úmidos, se a água for absorvida pela cobertura uma parte da radiação solar incidente será consumida na sua evaporação, no dia seguinte (IKEMATSU, 2007); a dinâmica dos ventos, a localização e a orientação do edifício constituem variáveis principais no balanço de radiação térmica (FIORELLI; MORCELI; VAZ; DIAS, 2008; CARFAN; NERY; STIVARI, 2007); o envelhecimento afeta as propriedades das telhas de fibrocimento que são diretamente influenciadas pelo ambiente ao qual estão expostas (DIAS; CINCOTTO; SAVASTANO; JOHN, 2008); em atmosferas urbanas a carbonatação é a principal causa do aumento de porosidade da superfície de fibrocimento durante o envelhecimento (DIAS; CINCOTTO; SAVASTANO; JOHN, 2008).

A atual preocupação mundial com relação ao meio ambiente e ao consumo de energia e com a sustentabilidade das edificações motiva pesquisadores a desenvolverem avaliação pós-ocupação buscando parâmetros para novos projetos e programas de manutenção dos edifícios.

A Norma Brasileira NBR 15220: Desempenho térmico de Edificações, está estruturada em cinco partes, com o objetivo de otimizar o desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação (ABNT, 2005). Na Parte 3 – Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, determina recomendações de projetos (em relação aos materiais utilizados e conforme estratégias passivas) específicas para habitações unifamiliares de interesse social a partir do Zoneamento bioclimático. O Brasil é dividido em oito zonas “relativamente homogêneas” quanto ao clima, com recomendações técnico-construtivas com o objetivo de otimizar o desempenho térmico das edificações. Maringá, pertence à Zona 1, para a qual é recomendado coberturas leves com barreiras e inércia térmica passiva nas paredes para o inverno.

Considerando as variáveis envolvidas e após a análise das recomendações contidas na bibliografia que tratam do desempenho térmico de coberturas, justifica-se o objetivo deste trabalho como uma contribuição para o conhecimento do assunto em território brasileiro. O objetivo deste estudo é o monitoramento seguido de uma análise comparada de comportamento térmico de três telhados de fibrocimento, com telha do tipo ondulada de 6mm de espessura, em três edifícios do Campus Sede da Universidade Estadual de Maringá (Figura 1). No Bloco C67, o telhado de nove anos apresenta cor escura e possui lanternim ao longo da cumeeira; no Bloco K68, em construção, o telhado é claro e está com poeira avermelhada; no Bloco J45, com um ano de uso, as telhas estão claras e limpas.



Figura 1 – Implantação dos edifícios e detalhes dos telhados das edificações estudadas. Fonte: mapa de implantação da UEM (disponível em [www.uem.br](http://www.uem.br)).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizados sete turnos de medições de temperaturas correspondentes a três manhãs e a quatro tardes, em três pontos colineares em cada bloco. A determinação dos três pontos de medição fundamentou-se na orientação do sol tal que: **D** recebe insolação matutina (8h às 12h); **E** para insolação vespertina (13h às 17h); e **C** na cumeeira. Os pontos D e E (Figura 1) tomados equidistantes da cumeeira, à direita e à esquerda, respectivamente, e na metade do comprimento de cada água. As medições foram realizadas utilizando-se em cada ponto um termo higrômetro marca Minipa, modelo MT 241, com dois sensores (interno e externo de 150 cm).

O sensor de cabo foi instalado a uma distância de 10 mm da face interna do telhado. As três leituras em cada bloco foram realizadas em intervalos de 1h:30min e defasadas de 30 minutos entre cada bloco. Adicionalmente foram anotadas as respectivas temperaturas externas, ao sol, de cada bloco e as condições atmosféricas para os dias sete, oito, nove e dezesseis do mês de abril do ano 2009.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das medições das temperaturas, em graus centígrados, abaixo da superfície do telhado estão representados na Tabela 1 e permitem constatar que: na primeira medição da manhã a temperatura no telhado do Bloco C67, telhado escuro, é praticamente a mesma da temperatura ambiente, enquanto que nos demais, no lado onde incide o sol apresenta-se mais elevada do que a temperatura ambiente; no período vespertino, o telhado escuro apresenta-se com temperatura mais elevada do que o telhado de cor clara; no entardecer, o telhado de cor clara apresenta-se com praticamente a mesma temperatura do ambiente externo e, ao contrário, o de cor escura continua irradiando calor para dentro do espaço da cobertura.

Na Tabela 2 apresenta-se o tratamento dos dados das medições na forma de amplitude térmica e média das temperaturas, por período e posição de medição em cada bloco. Na Tabela 3 estão apresentadas as diferenças de temperatura entre os Blocos C67 e K68 e entre os Blocos C67 e J45 para facilitar a visualização dos resultados comparados dos três telhados.

Tabela 1 – Temperaturas abaixo da superfície dos telhados.

Temperatura °C		BLOCO C 67 (cor escura)			BLOCO K 68 (cor clara e suja)			BLOCO J 45 (cor clara)		
07/04/2009										
HORA	EXT	E	C	D	E	C	D	E	C	D
13h:00m	34,5	40,3	35,9	38,9						
13h:30m	33,4				47,9	44,9	45,9			
14h:00m	34,0							34,9	35,5	33,9
14h:30m	34,5	39,6	35,6	38,3						
15h:00m	31,9				32,6	32,9	33,6			
15h:30m	32,3							33,1	41,6	37,4
16h:00m	34,6	40,1	36	40,4						
16h:30m	35,6				36,9	35,3	35,4			
17h:00m	38,4							30,1	36,6	33,8


EXT – temperatura exterior em °C  
 Sol com nuvens

Tabela 1 (continuação) – Temperaturas abaixo da superfície dos telhados

Temperatura <sup>0</sup> C		BLOCO C 67 (cor escura)			BLOCO K 68 (cor clara e suja)			BLOCO J 45 (cor clara)		
<b>08/04/2009</b>										
HORA	EXT	E	C	D	E	C	D	E	C	D
8h:00m	25,9	25,9	26,4	25,9						
8h:30m	29,9				26,9	25,6	30,4			
9h:00m	31,9							26,9	31,3	40,4
9h:30m	33,9	34	33,5	32,9						
10h:00m	30,4				38,3	34,3	44,3			
10h:30m	32,6							38,1	37,8	38,5
11h:00m	38,1	42,9	40,9	43,3						
11h:30m	35,8				39,4	44,3	50,5			
12h:00m	41,5							42,5	44,1	41,9
13h:00m	37,5	46,5	44,4	47,9						
13h:30m	36,6				43,8	43,9	47,9			
14h:00m	37,9							43,9	47	44,4
14h:30m	35,9	48,9	50,3	41,4						
15h:00m	38,4				43,1	44,4	45,9			
15h:30m	38,4							36,9	39,9	41,9
16h:00m	41,9	45,9	41,9	44,3						
16h:30m	33,1				37,6	36	36,4			
17h:00m	34,3							29,9	30,6	34,6
<b>09/04/2009</b>										
HORA	EXT	BLOCO C 67			BLOCO K 68			BLOCO J 45		
8h:00m	24,9	24,6	25,9	24,4						
8h:30m	25,9				26,9	26,9	27,8			
9h:00m	27,5							28,1	27,6	26,8
9h:30m	28,6	34,8	32,4	33,1						
10h:00m	29,1				33,3	36,8	37,9			
10h:30m	32,9							31	35,3	34,3
11h:00m	31,9	44,1	34,9	39						
11h:30m	41,9				43,6	43,4	36,1			
12h:00m	42,9							40,4	42,1	37,9
13h:00m	33,9	50,8	48	52,3						
13h:30m	33,4				37,4	40,9	40,9			
14h:00m	30,4							40,8	39,9	34,6
14h:30m	33,9	39,3	37,4	38						
15h:00m	37,3				40,4	41,9	44,1			
15h:30m	30,6							38,4	43,6	42,9
16h:00m	33,6	35,4	36,4	35,6						
16h:30m	38,5				33,9	34,9	35,4			
17h:00m	29,0							30,9	35,9	37


EXT – temperatura exterior em <sup>0</sup>C  
 Sol com nuvens

Tabela 1 (continuação) – Temperaturas abaixo da superfície dos telhados


Temperatura °C		BLOCO C 67 (cor escura)			BLOCO K 68 (cor clara e suja)			BLOCO J 45 (cor clara)		
<b>16/04/2009</b>										
HORA	EXT	E	C	D	E	C	D	E	C	D
8h:00m	26,1	22,5	22,4	21,6						
8h:30m	26,9				29,5	29,9	44,1			
9h:00m	27,5							28,6	29,1	31,4
9h:30m	30,5	31,1	32	28,9						
10h:00m	29,9				36,9	33	36,6			
10h:30m	32,9							33,4	35,8	35
11h:00m	32,8	39	31,8	36,1						
11h:30m	32,9				44,1	42,1	46,4			
12h:00m	42,9							35,6	40,9	37,4
13h:00m	32,1	46	43,9	40,4						
13h:30m	32,3				43,8	42,3	43,6			
14h:00m	30,4							36,1	41,8	42,9
14h:30m	32,8	44,9	42,6	36,1						
15h:00m	33,6				38,4	39,4	41			
15h:30m	30,6							36,5	37,9	36,4
16h:00m	31,4	41	39,3	44,5						
16h:30m	31,4				31,5	31,4	31,6			
17h:00m	29,0							28,3	29	30,1
EXT – temperatura exterior em °C					 Sol com nuvens					

Tabela 2 – Amplitude térmica e média das temperaturas abaixo da superfície do telhado.

Temperatura °C		BLOCO C 67 (cor escura)			BLOCO K 68 (cor clara e suja)			BLOCO J 45 (cor clara)		
	Ext.	E	C	D	E	C	D	E	C	D
<b>07/04/2009</b>										
<i>sol com nuvens no início e no final do período</i>										
amplit. *	6,5	0,7	0,7	2,1	15,3	12,0	12,3	4,8	6,6	3,6
média *	34,3	40,0	35,8	39,2	39,1	37,7	38,3	32,7	37,9	35,0
<b>08/04/2009</b>										
<i>sol sem nuvens</i>										
amplit.	15,6	17	14,5	17,4	12,5	18,7	20,1	15,6	12,8	3,4
média	33,3	34,2	33,6	34	34,8	34,7	41,7	35,8	37,3	40,2
amplit. *	8,8	3	2,5	6,5	6,2	8,4	11,5	14	17,1	9,8
média *	37,1	47,1	45,5	44,5	41,5	41,4	43,3	36,9	39,1	40,3
<b>09/04/2009</b>										
<i>sol com nuvens no início e no final do período</i>										
amplit.	18	19,5	9	14,6	16,7	16,5	10,1	12,3	14,5	11,1
média	31,6	34,5	31	32,1	34,6	35,7	33,9	33,1	35	33
amplit. *	9,5	15,4	11,6	16,7	6,5	7	8,7	9,9	7,7	8,3
média *	33,4	41,8	40,6	41,9	31,2	39,2	40,1	36,7	39,8	38,1
<b>16/04/2009</b>										
<i>sol sem nuvens e vento moderado</i>										
amplit.	16,8	16,5	9,4	14,6	14,5	12,2	9,8	7	11,8	6
média	31,3	30,8	28,7	36,8	28,8	35	42,3	32,5	35,2	34,6
amplit. *	4,6	5	4,6	12,3	12,3	10,9	12	8,2	12,8	12,8
média *	31,5	43,9	41,9	37,9	37,9	37,7	38,7	33,6	36,2	36,4
* período vespertino (13h às 17h)					Ext. temperatura externa					

Tabela 3 – Diferenças de temperatura abaixo da superfície do telhado.

Data	diferença de temperaturas ( $^{\circ}\text{C}$ )	VESPERTINO		MATUTINO	
		E	D	E	D
07/04	dif. (C67 – K68)	0,9	0,9	-	-
	dif. (C67 – J45)	7,3	4,2	-	-
08/04	dif. (C67 – K68)	5,6	1,2	-0,6	-7,7
	dif. (C67 – J45)	10,2	4,2	-1,6	-6,2
09/04	dif. (C67 – K68)	10,6	1,8	-0,1	-1,9
	dif. (C67 – J45)	5,1	3,8	1,4	-1,0
16/04	dif. (C67 – K68)	6	-0,8	2,0	-5,5
	dif. (C67 – J45)	10,3	1,5	-1,7	2,2

Os resultados permitem constatar que no período matutino: a amplitude térmica (Tabela 2) é maior do que o período vespertino podendo atingir  $20^{\circ}\text{C}$ , mas que a diferença da média das temperaturas interior e externa restringe-se a  $10^{\circ}\text{C}$ ; que a cor cinza escura do Bloco C67 e o envelhecimento da telha não constituem agravo, ao contrário ajudam a atenuar o gradiente térmico tal como demonstram os resultados negativos da coluna D da Tabela 3 para o período matutino. Isto se deve ao fato de que a retenção de umidade da condensação noturna é maior na telha mais velha, tanto pela sujeira como pela porosidade, tal que durante o período matutino parte da radiação é consumida na evaporação.

Quanto ao período vespertino: a amplitude térmica (Tabela 2) é menor podendo atingir  $16^{\circ}\text{C}$ , mas que a diferença da média das temperaturas interior e externa mantém em até  $10^{\circ}\text{C}$ ; que a cor cinza, ao contrário do período matutino, constitui sim um agravo pois absorve e transfere a radiação provocando uma diferença de até  $10^{\circ}\text{C}$  entre as superfícies cinza e clara.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados, ainda que limitados a uma série pequena de leituras possibilita a compreensão do comportamento térmico dos telhados estudados, tal que possam ser sugeridas medidas para atenuar os acréscimos de temperatura tais como: instalar aspersores nas coberturas e umedecer as superfícies novas no período matutino e as escuras no período vespertino. Desse modo as superfícies novas (claras) consumiriam também parte da radiação na evaporação durante os períodos mais quentes, entre o final da manhã e o início da tarde. E as superfícies escuras, por sua vez, quando secas receberiam a água para continuar com a evaporação.

Os benefícios da aspersão são mostrados na literatura consultada como atenuadores dos efeitos da radiação e da temperatura, no entanto sem recomendações para o monitoramento. Este último, permitiria ter os dados apropriados para cada superfície em uso e a automação do sistema de aspersão controlado para cada necessidade e em cada estação do ano. Assim, espera-se contribuir para estimular medidas que reduzam o consumo de energia e de água e assegurem conforto aos usuários. Recomenda-se o monitoramento continuado dos telhados das edificações bem como o desenvolvimento de novos estudos de caso.

#### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15220-3 – Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social*. Rio de Janeiro, 2005.

**CARFAN, A. C.; NERY, J. T. & STIVARI, S. M.** *Dinâmica dos ventos e temperatura do ar em Maringá, no verão de 2004.* Revista eletrônica Geografar. V.2, p. 01-02, 2007.

**DIAS,C.M.R.; CINCOTTO, M. A.; SAVASTANO, H. & JOHN, V.M.** *Envelhecimento de longo prazo de telhas onduladas de fibrocimento- o efeito da carbonatação, lixiviação e chuva ácida.* *Cemente & concrete composites - Science Direct.* 30, p. 255-256, 2008. Disponível em <[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)>.

**FIGLIARELLI, J.; MORCELLI, J. A. B.;VAZ, R.J. & DIAS, A. A.** *Avaliação da eficiência térmica de telha reciclada à base de embalagens longa vida.* *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.* V.13, n.2, p. 204-205, 2008.

**IKEMATSU, P.** *Estudo da refletância e sua influência no comportamento térmico de tintas refletivas e convencionais de cores correspondentes.* 2007. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP, São Paulo, 2007.

**MASCARÓ, J.L. & MASCARÓ, L. E. R.** *Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios.* Porto Alegre: Editora Sagra - dc Luzzato, 1992.

**PERALTA, G.** *Desempenho térmico de telhas: análise de monitoramento e normalização específica.* 2006. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.