10º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 28 de novembro a 3 de dezembro de 2016

ESTRATÉGIA BIOCLIMÁTICA DE RESFRIAMENTO EVAPORATIVO DE COBERTURA ATRAVÉS DA ÁGUA COLETADA DA CHUVA

Julio Cesar Borges Junior[1]; Rodolpho Félix de Oliveira[2]; Douglas Martins Arduini[3]; Claiton Carvalho Soares [4]; Carlos Roberto Mangussi [5]
[1, 2, 3 ,4, 5] Universidade de Uberaba
juniorcborges@hotmail.com
mangusi@terra.com.br

Resumo

Vivemos em uma sociedade em que o consumo de água é elevado e onde se é pouco pensado em questões ambientais como a preservação dos mananciais e o tratamento da mesma para que possa ser reutilizada. A escassez de água presente no mundo traz a necessidade de buscarmos alternativas para amenizar seu desperdício. A estratégia bioclimática de resfriamento evaporativo da cobertura é uma dessas alternativas e consiste em pulverizar água sobre o telhado, fazendo com que o mesmo ceda calor e ocorra evaporação, com isto acontecerá o resfriamento do ambiente interno e umidificação do ambiente externo. Para isso é preciso estudar os tipos de coberturas mais comuns e realizar testes de eficiência de desempenho térmico. O projeto tem a finalidade de ajudar economicamente, através da diminuição de gasto energético com fontes de resfriamento, como, ventiladores e ar-condicionado. Foram feitos testes em laboratórios com telha cerâmica para posterior comparação com outros tipos de cobertura (fibrocimento, aço galvanizada e acrílica). Para o dimensionamento do sistema (reservatório e melhor lugar de instalação, tubulação e bomba) foi feito um levantamento de equações, bem como uma pesquisa dos coeficientes necessários para a aplicação nas fórmulas. Calculou-se também a demanda de água não potável necessária para abastecer o sistema.

Palavras-chave: Telhado. Temperatura. Cerâmica. Evaporação.

1 Introdução

A estratégia bioclimática de resfriamento evaporativo da cobertura consiste em dar um banho sobre o telhado, fazendo com que o mesmo ceda calor para a água evaporar e desse modo resfriando o ambiente interno e umidificado o ambiente externo, mas esse método de resfriamento será interessante, caso outra fonte de água fosse utilizada, sem a necessidade de utilizar a água da residência.

Camargo (2003/2004, p. 69) explica que "o resfriamento evaporativo opera utilizando fenômenos naturais através de processos induzidos nos quais a água e o ar são os fluidos de trabalho. Consiste na utilização da evaporação de água através da passagem de um fluxo de ar, provocando uma redução na temperatura do ar". No caso desse projeto, os fluídos de trabalhos são a água e a radiação solar que também é um fenômeno natural e influencia no processo desse tipo de resfriamento.

Para Bagnati (2013), antes de começar a pensar em uma estratégia bioclimática para melhorar o clima do ambiente, é importante conhecer primeiro como as adversidades do clima interfere no mesmo, além de identificar os melhores materiais para as diferentes temperaturas e seus coeficientes para realizar os devidos cálculos.

É necessário dimensionar o reservatório que irá coletar a água da chuva que será

utilizada na cobertura em dias de temperatura elevada. Com relação a isso, Silva (2007) afirma que as medidas do reservatório da captação serão de acordo com a quantidade de água utilizada na residência para fins não potáveis, a época de seca e de acordo com os índices pluviométricos e dias sem chuva da região.

Em um sistema de resfriamento evaporativo, o ideal seria que a água fosse livre de material sólido para não entupir as calhas e tubos de coleta. De acordo com Silva (2007) de acordo com o a finalidade da água coletada, a mesma deverá atender alguns padrões de qualidade.Por isso é preciso que a tubulação de coleta de água da calha que será destinada ao reservatório, contenha um filtro de descarte de resíduos.

O telhado das casas tem a função de proteger a residência de intempéries como raios solares, ventos e chuva, porém a água é um dos bens mais preciosos que temos e, com as chuvas, é desperdiçado através de bueiros, ralos e tubulações de esgoto.

Segundo Michels (2007), é importante escolher corretamente o material de cobertura, pois o conforto do ambiente dependerá da capacidade desse material em absorver e transferir a radiação solar. Diante disso, a pesquisa envolve testes com diferentes tipos de cobertura, para que no final possa ser determinada aquela de melhor desempenho térmico.

É explicado por Michels (2007) que o telhado é o elemento com maior exposição solar nas residências horizontais, sendo que este absorve a maior parte da energia solar e transfere para o ambiente interno da edificações, sendo assim, aumentando a temperature. Portanto, nota-se a importância de tentar impedir o ganho de calor começando pela cobertura, sendo o sistema de resfriamento evaporativo uma das alternativas para minimizar esses ganhos.

Esta pesquisa tem por objetivo estudar as propriedades da telha cerâmica como a transmitância térmica (U), absortividade (α), resistência superficial externa (Rse) e coeficiente de escoamento superficial (c), para aplicar nos cálculos de conforto com base na ABNT NBR 15220; calcular o volume de água da chuva aproveitável por esse tipo de telha conforme ABNT NBR 15527 e assim dimensionar o reservatório necessário para o sistema.

2 Materiais e Métodos

Foi realizado um estudo baseado na pesquisa bibliográfica das principais características e propriedades da telha cerâmica, assim como a precipitação pluviométrica annual da região e os meses com pouca chuva. Posteriormente foram realizados experimentos no laboratório baseados em normas, utilizando instrumentos para aferição e classificação do material em estudo. O método de experimento consiste em efetuar medidas de temperaturas dentro do ambiente do laboratório e do material em exposição ao Sol, e medidas do mesmo submetido à estufa de aquecimento e também em tanque com água, para que o material ficasse submerso e, com isso, verificando o teor de umidade relativa agregada ao material. Os materiais utilizados consistem em instrumentos como termômetro infravermelho, trenas métricas, computadores, calculadoras, telha cerâmica, balança de precisão. A base de cálculos aplicada à pesquisa constituiu em determinar o volume do reservatório, as dimensões necessárias para armazenar a água coletada, o volume de água que a cobertura capta durante o ano, determinar o fator de captação de acordo com o coeficiente de escoamento superficial da telha cerâmica e determinar a seção da calha coletora da cobertura.

3 Resultados

3.1 Estudo do comportamento térmico da telha cerâmica

Foi feita a análise térmica de duas telhas cerâmica, sendo primeiro medido a

temperatura natural com termômetro infravermelho e a massa com balança de precisão, posteriormente uma foi colocada em uma estufa a 105°C durante vinte e quatro horas, a outra exposta ao sol durante uma hora para medir a temperatura absorvida e colocada num tanque com água durante uma hora para ver o quanto a temperatura abaixaria, após esse experimento foram obtidos os seguinte resultados do Quadro 1 e comparados com o Quadro 2:

Quadro 1 - Resultados obtidos através de estudos com telha cerâmica.

TESTES REALIZADOS COM TELHAS CERÂMICA					
Ambiente da Telha	Massa Natural Inicial	Temperatura Inicial	Massa Final	Temperatura Final	Diferença de Temperatura
Estufa (105°C)	2640 g	24,4°C	2620 g	59,4°C	35°C
Ao Sol	2680 g	25,5°C	2680g	32,2°C	6,7°C
Tanque com água	2680 g	32,2°C	3060g	17,8°C	14,4°C

Fonte: O autor (2015).

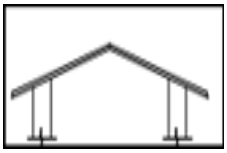
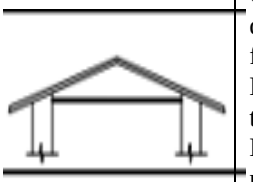
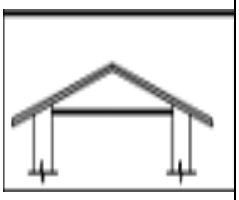
Quadro2 - Resultados obtidos através de estudo com as outras telhas do projeto.

TESTES REALIZADOS COM AS DEMAIS TELHAS			
Telha	Acrílica	Fibrocimento	Galvanizada
Temperatura Inicial	34,4°C	38,8°C	25,5°C
Temperatura ao Sol	36,1°C	42,2°C	27,2°C
Temperatura com Água	26,4°C	25,9°C	24,3°C

Fonte: O autor (2015).

Conforme a ABNT NBR 15220/2003 a transmitância térmica (U) (Quadro 3) de uma cobertura de telha de barro (cerâmica) sem forro e espessura da telha: 1,0 cm, é de 4,55 w/m².k (watts por metro quadrado kelvin), a absortividade (α) é entre 0,75 e 0,80 (Quadro 4), resistência superficial externa (Rse) é de 0,04 m².k/w (metro quadrado kelvin por watts) (Quadro 5).

Quadro 3 - Transmitância térmica para algumas coberturas.

Cobertura	Descrição	U [W/m².k]
	Cobertura de telhado de barro sem forro Espessura da telha: 1,0 cm	4,55
	Cobertura de telha de fibro -cimento sem forro Espessura da telha: 0,7 cm	4,60
	Cobertura de telha de barro com forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00
	Cobertura de telha de fibro – cimento com forro de madeira Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00

Fonte: ABNT NBR 15220/2003.

Quadro 4 - Absortância (α) para radiação solar (ondas curtas) e emissividade (e) para radiações a temperaturas comuns (ondas longas).

Tipo de superfície	α	e
Chapa de alumínio (nova e Brilhante)	0,05	0,05
Chapa de alumínio (oxidada)	0,15	0,12
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)	0,25	0,25
Caiação nova	0,12 / 0,15	0,90
Concreto aparente	0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Telha de barro	0,75 / 0,80	0,85 / 0,95
Tijolo aparente	0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Reboco claro	0,30 / 0,50	0,85 / 0,95
Revestimento asfáltico	0,85 / 0,98	0,90 / 0,98

Fonte: ABNT NBR 15220/2003.

Quadro 5 - Resistência térmica superficial externa**.**

Rse (m².k)/w		
Direção do fluxo de calor		
Horizontal	Ascendente	Descendente
⇨	⇧	⇩
0,04	0,04	0,04

Fonte: ABNT NBR 15220/2003.

3.2 Pesquisa da precipitação pluviométrica anual da região

Silva, Guimarães e Tavares (2003), afirmam em seus estudos que de acordo com a Estação Climatológica de Uberaba a precipitação anual total média é de 1584,2 mm. Com base nessa informação, esse será o valor empregado nos cálculos de volume para o projeto.

3.3 Cálculo do volume do reservatório com base na área de captação do telhado

De acordo com a ABNT NBR 15527/2007, o volume do reservatório é dado pela equação 1 pelo Método Azevedo Neto:

$$V = 0{,}042 \cdot P \cdot A \cdot T \qquad (1)$$

Onde:

P: é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);
T: é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca;
A: é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);
V: é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

O Telhado constituído por telha cerâmica (Figura 1) teve suas medidas aferidas com trena metálica com seus lados de 3,60 m x 4,46 m resultando em uma área de coleta de 16,056 m².

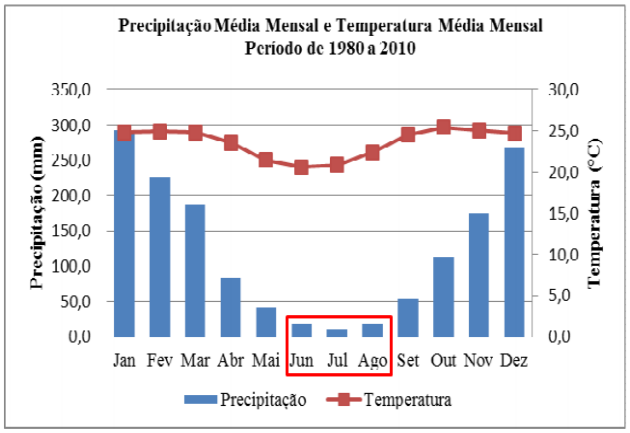
Figura 1 - Protótipo com telha cerâmica para realizar testes de temperatura.



Fonte: O autor (2016).

Roldão e Assunção (2012), afirmam que os meses com pouca chuva ou seca na região do triângulo mineiro, onde está localizada a cidade de Uberaba, são os meses de junho, julho e agosto sendo no mês de julho a menor precipitação, com registro médio de 10 mm (Figura 2). Com isso, para nossos cálculos, a variável do número de meses de pouca chuva ou seca (T) é igual a 3.

Figura 2 - Climograma do Triângulo Mineiro - MG.



Fonte: Revista Geonorte (2012). ANA (2012). Org. Aline F. Roldão (2012).

Substituindo os valores encontrados para os coeficientes na equação 1, verifica-se que o reservatório terá um volume de aproximadamente 3205 litros ou 3,205 m³, considerando o reservatório quadrado, suas medidas mínimas adotadas poderão ser de base 1,5 m x 1,5 m e altura de aproximadamente 1,45 m conforme equação 2.

$$Y = (V / A) \quad (2)$$

Onde:

Y: é a altura do reservatório (m);
V: é o volume do reservatório (m³);
A: é a área da base do reservatório (m²);

3.3 Cálculo do volume de água a ser capitado de acordo com o coeficiente de escoamento superficial da telha cerâmica

De acordo com a ABNT NBR 15527/2007, o volume de água de chuva aproveitável é dado pela equação 3:

$$V = P . A . C . \eta \text{ fator de captação} \quad (3)$$

Onde:

V: é o volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável (L);
P: é a precipitação média anual, mensal ou diária (mm);
A: é a área de coleta (m²);
C: é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura;
η fator de captação: é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado;

Segundo Cavalcanti (2010), o maior valor durante o período de observação de sua pesquisa, para o coeficiente de escoamento superficial da cobertura com telhas de cerâmica foi de 0,79.

Para Tomaz (2007), é possível encontrar o η fator de captação através da equação 4:

$$C . \eta = 0,80 \quad (4)$$

Com os valores dos coeficientes da equação 3 identificados e η fator de captação aproximadamente igual a 1, encontra-se que o volume anual de água de chuva aproveitável é de 20094,37 litros.

4 Discussão

Os resultados encontrados no presente estudo revelam que o valor alto do coeficiente de absortividade térmica da telha cerâmica, conforme o quadro 4, comprova o motivo dela ter elevado sua temperatura acima da galvanizada que possui uma absortividade termina inferior, quando expostas ao sol. No entanto, a porosidade da telha cerâmica contribuiu para que a mesma abaixasse rapidamente sua temperatura quando foi submetida na presença de água. A pesquisa de algumas características especificas da telha cerâmica, como transmitância térmica, absortividade e resistência superficial externa, vem do fato de esses itens serem necessários para calcular o fluxo de calor do ambiente construído que será realizado no segundo ano de pesquisa, de tal forma que esses valores ainda não foram introduzidos no memorial de cálculo desse primeiro momento.

5 Conclusão

A telha cerâmica não absorveu por completamente a temperatura em estufa a 105°C, a qual foi deixada por vinte e quatro horas, assim também como foi o material que teve melhor êxito em diminuir sua temperatura com água, comprovando assim a eficiência térmica deste material. Também pode ser observado que o reservatório conseguirá atender o projeto visto que a quantidade de água coletada durante o ano é maior que a armazenada durante o período de chuva.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10844:** Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15220:** Desempenho térmico de edificações Parte 2: 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.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15220:** Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15527:** Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

BAGNATI, M. M. **Zoneamento bioclimático e arquitetura brasileira: qualidade do ambiente construído.** 2013. 132 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2013.

CAMARGO, J. R. Resfriamento evaporativo: poupando a energia e o meio ambiente**. Revista Ciências Exatas**, Taubaté, v. 9/10, n. 1-2, p. 69-75, 2003/2004.

CAVALCANTI, N. de B. Efeito do escoamento da água de chuva em diferentes coberturas. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 4, p. 201-210, out./dez. 2010.