2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

ANÁLISE DA REFLETÂNCIA E DO DESEMPENHO TÉRMICO DE TINTA REFLEXIVA APLICADA EM COBERTURA DE TELHAS DE FIBROCIMENTO[1]

BELEZA, Aline Ariele da Silva (1); MICHELS, Caren (2)

(1) Universidade Federal do Amazonas, aline.arieleb@gmail.com
(2) Universidade Federal do Amazonas, caren@ufam.edu.br

RESUMO

Em cidades como Manaus onde há predominância de temperaturas elevadas durante o ano inteiro e alta incidência solar, faz-se necessário buscar estratégias para reduzir os ganhos térmicos da edificação, logo, o uso de coberturas com baixa refletância solar é uma das possíveis soluções. Este trabalho avaliou a refletância solar de amostras de telhas de fibrocimento com quatro tipos de revestimentos (pintadas com tinta reflexiva, pintadas com tinta branca PVC, telhas lavadas e telhas sujas pela ação do tempo) e analisou o efeito da refletância solar nas temperaturas superficiais de duas coberturas. Através do espectrofotômetro MiniScan EZ foram mensuradas as refletâncias das amostras e, por meio de sensores de temperatura HOBO foram medidas as temperaturas superficiais. A maior refletância foi encontrada nas amostras pintadas com tinta branca sendo 85,9%, seguido das amostras pintadas com tinta reflexiva com 82,6%. As telhas lavadas e sujas apresentaram em suas refletâncias 76,3%, e 48,2%, respectivamente. Quanto às temperaturas superficiais das telhas, verificou-se que o horário de pico de temperaturas ocorreu às 12h43min em ambos os telhados, e as temperaturas superficiais no telhado com tinta reflexiva e no sujo foram de 52,9°C e 62,1°C, respectivamente, o que conferiu uma diferença de temperatura superficial de 9,2°C.

Palavras-chave: *Desempenho térmico. Refletância solar. Telha de fibrocimento.*

ABSTRACT

In cities like Manaus where there is a predominance of high temperatures throughout the year and high solar incidence, it is necessary to search for strategies to reduce the thermal gains of the building, therefore, the use of roofs with low solar reflectance is one of the possible solutions. This work studied the solar reflectance of samples of fiber cement tiles with four types of coatings (painted with reflective paint, painted with white PVC paint, washed tiles and dirty tiles due to the action of time) and analyzed the effect of solar reflectance on the surface temperatures of two roofs. The reflectance of the samples was measured using the MiniScan EZ spectrophotometer and surface temperatures were measured using HOBO temperature sensors. The highest albedo was found in samples painted with white paint, with 85.9%, followed by samples painted with reflective paint with 82,6%. The washed and dirty tiles showed 76,3%, and 48,2%, respectively. In terms of surface temperatures of the tiles, it was found that the peak time of temperatures occurred at 12:43 pm on both roofs, and the surface temperatures on the roof with reflective and dirty paint were 52,9°C and 62,1°C, respectively, which gives a difference in surface temperature of 9,2°C.

Keywords: *Thermal performance. Solar reflectance. Fiber cement tile.*

---

[1] BELEZA, Aline Ariele da Silva; MICHELS, Caren. Análise da refletância e do desempenho térmico de tinta reflexiva aplicada em cobertura de telhas fibrocimento. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

1 INTRODUÇÃO

Diversos parâmetros devem ser considerados ao projetar uma edificação, além das necessidades fisiológicas e psicológicas dos usuários, as edificações devem atender questões de sustentabilidade, desempenho, segurança e economia de energia (OLIVEIRA, 2016). Quanto ao consumo de energia, Pimenta (et al., 2016) ressalta que 40% da energia utilizada é consumida nas edificações, sendo que 84% desse consumo é aplicado para adequação do conforto térmico.

Assim, entende-se que o desempenho térmico de uma edificação depende das decisões tomadas na fase de projeto, pois o desconhecimento dessas características pode proporcionar espaços com elevado consumo de energia. Como alternativa para melhorar o desempenho térmico de edificações em climas quentes existe a possibilidade do uso de coberturas com elevada refletância. Consequentemente, esse tipo de estratégia reduz as temperaturas superficiais das telhas, além de contribuir para a redução das ilhas de calor em centros urbanos (DORNELLES, 2008).

A deficiência em eficiência energética nos projetos de edificações pode estar relacionada ao desconhecimento das condições climáticas de determinada região, visto que, pela vasta extensão territorial brasileira, pouco se conhece sobre as soluções especificas de cada localidade.

Os materiais utilizados na construção civil de comportam de diferentes maneiras quando expostos à radiação solar devido às suas propriedades térmicas. Em superfícies opacas, como é o caso dos telhados, parte da radiação incidente é absorvida e outra parte é refletida, cuja fração depende das características superficiais relacionadas à absortância e refletância solar (LAMBERTS, 2016).

As coberturas de uma edificação estão diretamente expostas à radiação solar, e consequentemente sofrem os efeitos desta incidência, como o aquecimento de sua superfície. Uma parcela desta radiação é refletida e emitida de volta ao ambiente externo, e outra parcela é absorvida pela telha, que a aquece e transfere o calor por condução, radiação e convecção para o ambiente interno, contribuindo para o aumento da temperatura no espaço interior da edificação. Desta maneira, o uso de coberturas com maior refletância auxilia na redução das temperaturas internas e na melhora da sensação de conforto térmico dos usuários.

Para a redução da carga térmica nas edificações Coelho (2017) diz que são necessários o uso de revestimentos que apresentem refletância e emitância elevados, ou seja, aqueles que refletem maior parte da energia solar incidente e irradiam o calor absorvido, mantendo o telhado revestido com menor temperatura do que um telhado tradicional. Esses revestimentos, quando aplicados em coberturas, ficam conhecidos como telhados frios e visam reduzir o consumo de energia para refrigeração.

A cobertura fria pode ser obtida com a simples aplicação de um revestimento reflexivo sobre a superfície das telhas, como uma pintura branca ou a aplicação de uma tinta com pigmento reflexivo, desde que tenha alta refletividade. Na terceira parte da NBR 15220-3 (ABNT, 2003) é apresentada como sugestão para as coberturas localizadas na zona bioclimática 8, vedações externas leves e refletoras. A cor branca apresenta a maior taxa de refletância solar em relação às demais cores tabeladas, sendo igual a 0,80, indicando um modo eficiente de reduzir o desconforto térmico e consumo de energia (PEREIRA, 2014).

Lamberts et al. (2014) diz que o uso de tintas brancas nas superfícies externas reduz o fluxo de calor em 57%. Maestri (2017), ao trabalhar com telhas fibrocimento, verificou que a refletância das mesmas aumentou ao aplicar tinta reflexiva branca, e que quando comparado à telha nova sem pintura, esse aumento na refletividade foi de aproximadamente 100% para a primeira demão.

Com base no exposto acima, este estudo busca analisar o desempenho térmico de coberturas de fibrocimento, com e sem revestimento reflexivo, para uma cidade de clima quente e úmido localizada na região amazônica.

2 METODOLOGIA

2.1 Características climáticas do local de estudo

Definido pela NBR 15220-3 (ABNT, 2003), que propõe soluções para a construção habitação de interesse social, o zoneamento bioclimático brasileiro divide-se em oito zonas climáticas homogêneas, estando Manaus compreendida da zona 8. De acordo com Loureiro et al. (2002) a cidade encontra-se a 92,9m de altitude, 60° de longitude oeste, 3°08" de latitude sul. Situada próxima a linha do equador a radiação solar é intensa (variando de 450Wm^{-2} na estão chuvosa a 800Wm^{-2}na estão seca), as temperaturas médias locais mínimas estão 24,6°C e máximas de 31,3°C, a umidade do ar é elevada (72%) e os ventos apresentam baixa velocidade na faixa de 0,50 a 2,10 m/s, trata-se de uma cidade de clima equatorial úmido (MACEDO; FISCH, 2017; LIBERATO, 2019; INMET, 2020). As estações dessa localidade não são definidas como em outras áreas do Brasil, há um período que vai de janeiro a abril em quem as chuvas são constantes, esse período de altos índices pluviométricos é conhecido por inverno regional enquanto os meses de junho a novembro são mais secos e as chuvas ocorrem com menor frequência, a esse período baixos índices pluviométricos denomina-se verão amazônico.

2.2 Equipamentos/sensores utilizados

2.2.1 Medição da refletância

O equipamento utilizado foi o espectrofotômetro MiniScan EZ 4500 fabricado pela HunterLab. O equipamento é indicado para materiais sólidos e opacos, realiza leitura por refletância de luz, atua com feixe duplo, sua geometria de medição é 45/0 (geometria especular) e os dados são medidos em 31 intervalos de comprimento de onda alcançando faixa espectral de 400 a 700 nm (espectro visível). Basicamente, em seu funcionamento a fonte de luz libera um flash em direção a amostra, a luz refletida pela amostra passa pela grade de difração, que a divide em intervalos de comprimento de onda e envia ao detector onde é transformada em sinal elétrico. O equipamento passou por calibração utilizando uma cerâmica branca (que acompanha o equipamento e com refletância conhecida em cada comprimento de onda) antes e durante os ensaios, obedecendo ao intervalo de 4 horas entre cada calibração como recomendado pelo fabricante.

2.2.2 Medição das temperaturas superficiais

Para aferir temperatura superficial das telhas utilizaram-se termopares 12 bit Temperature Sensor (S-TMB-M017) conectados a um datalogger Onset HOBO U30 Station. O intervalo de coleta de dados foi um registro a cada 30 minutos.

Foram instalados dois termopares em cada cobertura, posicionados com a distância aproximada de 5 metros um do outro. Depois, calculou-se uma média simples da temperatura para cada cobertura. Os termopares foram instalados na parte inferior da telha.

2.3 Ensaios Experimentais

Os ensaios experimentais foram separados em duas etapas, uma para avaliar a refletância das amostras de telhas de fibrocimento, e a outra, para a realização de medições de temperaturas superficiais das telhas, em uma cobertura de dimensões reais.

2.3.1 Medição de refletância

Essa etapa consistiu na medição da refletância das amostras. As amostras foram separadas em cinco grupos, são eles: a) limpas; b) amostras pintadas com tinta reflexiva; c) amostras pintadas com tinta branca simples; d) amostras sujas e, e) amostras muito sujas (Figura 1). Selecionaram-se 3 amostras por cada grupo.

As amostras classificadas como limpas, pintadas com tinta reflexiva e pintadas com tinta branca foram lavadas em água corrente e, posteriormente, os grupos de amostras b e c receberam as camadas de pintura em suas superfícies.

As amostras pintadas com a tinta reflexiva Metalatex (grupo b) receberam duas demãos. Nessa tinta foi adicionado um pigmento cinza com o objetivo de permanecer com a aparência original da telha de fibrocimento. Já as amostras com tinta branca comum (grupo c) receberam duas camadas de jatos de spray.

Após a separação em grupos e a preparação das amostras, foi realizado o ensaio de medição da refletância das mesmas. Como para cada grupo havia três valores de refletância, calculou-se uma média simples para se obter um valor único que caracteriza-se cada grupo de amostras.

Figura 1 – Amostras utilizadas no ensaio de refletância



a) Limpa | b) Pintada com tinta reflexiva | c) Pintada com tinta branca | d) Suja | e) Muito suja

Fonte: Autores.

2.3.2 Medição das temperaturas superficiais

Para realização desse estudo foram escolhidos dois telhados, localizados um ao lado do outro, ambos de duas águas e com cobertura de telha de fibrocimento

(Figura 2). As edificações não possuem fechamentos verticais (paredes) e tem estrutura metálica.

Ambos os telhados passaram por uma varredura externa para retirada de poeira, folhas e demais objetos ali depositados. Com o intuito de analisar a influência da refletância solar na cobertura, um dos telhados foi mantido nas condições atuais (telhado 2 – Figura 4), sem tratamento e sujo pela ação do tempo – e o outro recebeu o revestimento de tinta reflexiva (telhado 1 – Figura 3).

Cada cobertura foi instrumentada com dois termopares, com medições a cada 30 minutos, desta forma, a temperatura de cada telhado foi calculada realizando uma média simples das temperaturas superficiais.

Figura 2 – Telhados estudados



Figura 3 – Telhado 1



Figura 4 – Telhado 2



Fonte: Autores.

Entre os dias 03 e 16 de março de 2020 foram coletados os dados de temperatura superficial para os telhados contemplados nesse estudo. Foram selecionados dois dias para análise dos os resultados, um dia com pouca nebulosidade e outro dia, com muita nebulosidade e ocorrência de chuva.

3 RESULTADOS

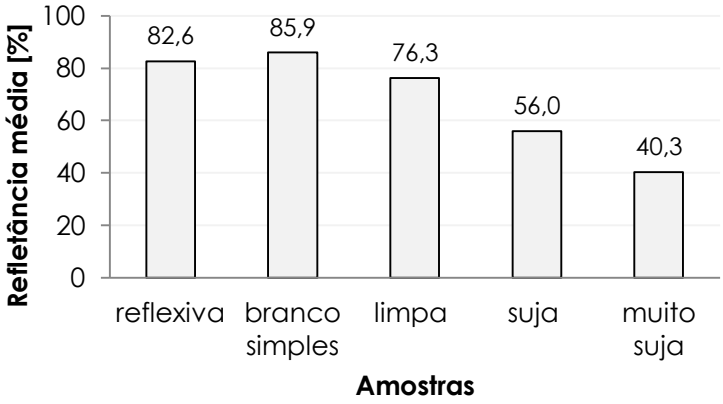
3.1 Análise da refletância

As amostras revestidas com tinta reflexiva e com tinta branca simples apresentaram refletância solar 82,6% e 85,9%, respectivamente. As refletâncias para as amostras de telhas sujas foram de 56% e para as de telhas muito sujas foi de 40,3%. As amostras com tinta reflexiva e com tinta branca comum apresentaram refletância acima de 80%, devido aplicação de componente reflexivo na primeira e devido à cor com baixo índice de absortância na outra.

Nota-se que a tinta branca comum apresentou refletância maior que a tinta reflexiva, o fato pode decorrer da adição de pigmento cinza na tinta reflexiva, possivelmente alterando as características dessa, ou da quantidade de demãos de tinta aplicada, visto que a amostra com tinta branca comum foi aplicada em spray, não ocorrendo o controle rigoroso de demãos como ocorreu nas amostras com tinta reflexiva onde foram aplicadas duas demãos da tinta controladamente. A quantidade de demãos afeta o fator de refletância à medida que, de acordo com Maestri (2017) gera incrementos nas refletâncias de 4,5 % na segunda demão e de 3,8% na terceira demão, ainda que baixos esses índices podem resultar em refletância superior.

Quanto às amostras sujas, os baixos valores de refletância decorrerem das partículas incrustadas na superfície que mudam o aspecto e coloração original da telha. Esse conjunto eleva a absortância da superfície, isso foi observado quando comparamos os resultados das amostras de telhas sujas com as amostras de telhas limpas, atingiram refletância de 56% e de 76,3%, respectivamente. O Gráfico 1 apresenta as médias das refletâncias das amostras.

Gráfico 1 – Refletância média das amostras por classificação



Fonte: Autores

3.2 Análise das temperaturas superficiais dos telhados

3.2.1 Análise do dia 07/03/2020

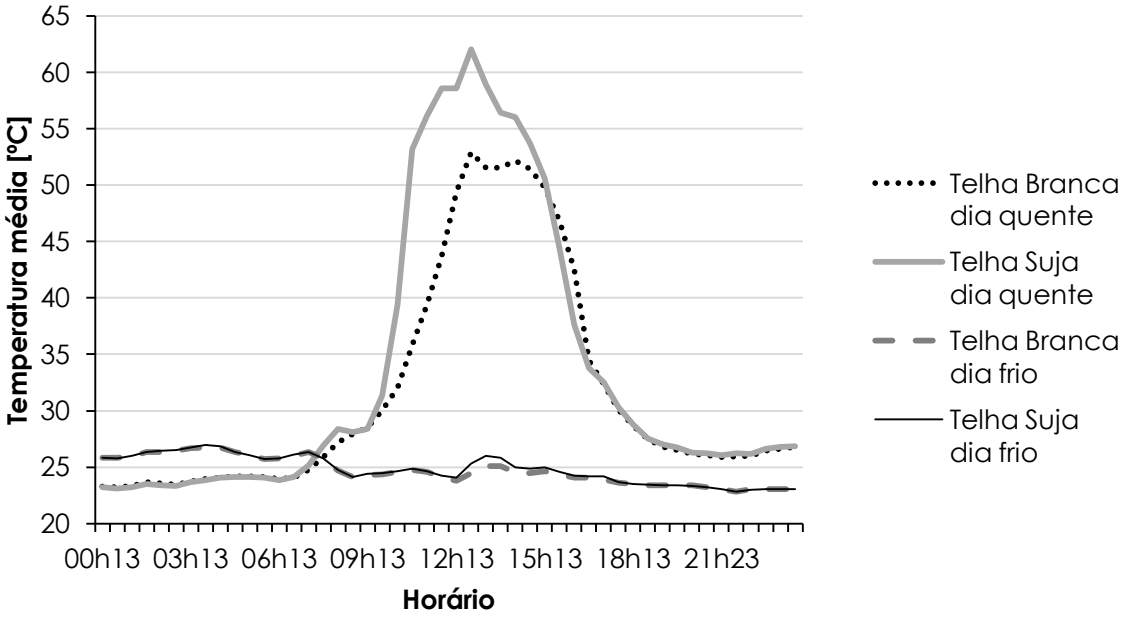
O pico máximo de temperaturas ocorreu às 12h43min em ambos os telhados, como pode ser visto no Gráfico 2. O telhado reflexivo e o sujo apresentaram as temperaturas de 52,9°C e 62,1°C, respectivamente. Essa informação mostra que no momento mais quente do dia houve uma diferença de 9,2°C entre as coberturas.

A diferença de temperatura entre o telhado sujo e o reflexivo está relacionada à refletância solar, uma vez que, nos ensaios realizados com o espectrofotômetro, as amostras de telhas sujas apresentaram baixa refletância solar, o que confere maiores temperaturas aos telhados sujos, o inverso ocorreu com as amostras pintadas com tinta reflexiva, as quais apresentaram menor temperatura superficial das telhas e maior refletância solar.

3.2.2 Análise do dia 14/03/2020

Observando as médias de temperatura superficial do dia 14/03/2020, apresentadas no Gráfico 2, observou-se que durante praticamente todo o dia as temperaturas superficiais para os telhados foram praticamente as mesmas. A baixa variação entre as temperaturas superficiais das telhas decorrem da nebulosidade e da ocorrência de chuva. A presença de nuvens interfere no aumento de temperatura superficial, à medida que ocorre a diminuição da radiação global que chega a superfície da telha, decorrente da reflexão de parte radiação direta e difusa por conta das nuvens. Assim, as oscilações na temperatura superficial são baixíssimas devido à modificação da quantidade de radiação recebida.

Gráfico 2 – Médias das temperaturas superficiais das telhas brancas e sujas no decorrer dos dias 07/03/2020 e 14/03/2020



Fonte: Autores

4 CONCLUSÕES

Em Manaus, devido a posição geográfica as coberturas das edificações recebem grande quantidade de radiação solar, elevando significativamente suas temperaturas nos dias de sol. Para proporcionar conforto térmico aos usuários de edificações residenciais é necessário escolher os revestimentos em função do desempenho térmico.

A manutenção (limpeza periódica) de telhas fibrocimento e aplicação de revestimentos que possibilitem alta refletância nas telhas são estratégias que potencializam o desempenho térmico das edificações. Ressaltando que a limpeza superficial possibilitou 20,3% a mais de refletância nas amostras limpas em comparação as sujas. Enquanto as amostras pintadas com tinta reflexiva e com tinta comum mostraram-se 34,4% e 37,7%, respectivamente, mais reflexivas quando contrastadas com a média entre as amostras sujas e muito sujas.

Quanto a análise da variação da temperatura superficial das telhas, o telhado reflexivo se mostrou como uma boa solução para reduzir a temperatura superficial da telha no período diurno, contribuindo para uma redução de 9,2ºC em relação à telha sem tratamento para o horário de pico.

Assim, este trabalho demonstrou que a aplicação de tinta reflexiva e o clareamento das superfícies das telhas, seja pela limpeza ou pelo revestimento branco aumentam o albedo, reduzindo a temperatura superficial dos telhados de fibrocimento, condição importante para as edificações da cidade de Manaus. Intervenções nos telhados em uma localidade onde a incidência de radiação solar é constante nas coberturas ao longo do ano e onde se consome muita energia elétrica para resfriamento de ambientes, essa solução favorece economia de energia, o bem estar aos usuários e desempenho térmico nas edificações.

5 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, 2003.

COELHO, T. da C. C.; GOMES, C. E. M.; DORNELLES, K. A. Desempenho térmico e absortância solar de telhas de fibrocimento sem amianto submetidas a diferentes processos de envelhecimento natural. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 147-161, jan./mar. 2017.

DORNELLES, Kelen Almeida. Absortância solar se superfícies opacas: método de determinação e base de dados para tinta látex acrílica e PVA. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2008.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia – **Gráfico temperaturas diárias (máxima, média, mínima), Estação: Manaus (AM) – 03/2020**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sim/abre_graficos.php>. Acesso em: 29 de abril de 2020.

LAMBERTS, R; DUTRA, L; PEREIRA, F. O. R. Eficiência energética na arquitetura. 3° Edição. São Paulo: Editora Eletrobras/Procel, 2014.

LIBERATO, Ailton Marcolino. Direção e velocidade do vento em Manaus – AM/Brasil. In: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**. Palmas, 2019.

LOUREIRO, K.; CARLO, J.; LAMBERTS, R.; Estudo de estratégias bioclimáticas para a cidade de Manaus. In: **IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Foz do Iguaçu, 2002.

MACEDO, A. ; FISCH, G.Variabilidade espacial da radiação solar na região de Manaus - AM durante o experimento GOAmazon 2014/15. Revista Brasileira de Geografia Física v.10, n. 6, p. 1802-1811, nov-dez, 2017.

MAESTRI, Alexandre. Avaliação da refletância solar em coberturas no campus da Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2017.

OLIVEIRA. P. L. et al. DESEMPENHO TÉRMICO DAS EDIFICAÇÕES: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O TELHADO VERDE E OUTROS TIPOS DE COBERTURAS. Revista Petra, v. 2, n. 1, p. 36-55, jan-jul. 2016.

PEREIRA. Claudia Donald. Influência da refletância e da emitância de superfícies externas no desempenho térmico de edificações. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014.

PIMENTA, J. A. A. et al. ESTUDO COMPARATIVO DO DESEMPENHO TÉRMICO DAS COBERTURAS DE FIBRA DE CELULOSE E BETUME, FIBROCIMENTO E CERÂMICA. Revista *Colloquium Exactarum*, v. 8, n. 3, p. 21-35, jul- set, 2016.