RECICLAGEM MECÂNICA DE PU COM CICLOPENTANO PARA TELHADOS

Gustavo Martins, Murilo Miceno Frigo, Edson dos Santos Bortoloto, Fausto Lopes Catto[1]

[1]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grasso do Sul –Campus Três Lagoas - MS

gustavo.martins2@estudante.ifms.edu.br, fausto.catto@ifms.edu.br

Resumo

O problema de reciclagem oriundo de do retorno de refrigeradores descartados pode ser minimizado com a reciclagem aproveitando as características de isolante termoacústico do material. Experimentos de reciclagem e simulações computacionais exploratórias foram executados. Resultados indicam que o PU com ciclopentano pode ser usado como preenchimento em isolação térmica evitando-se riscos ambientais e de segurança em percentuais maiores do que os usados atualmente. A reação rápida e a entalpia de combustão alta do PU+CP indicam que este material é um bom candidato a queima para geração de potência, entretanto, este trabalho mostrou que há possibilidade de se trabalhar com este material sem grandes riscos, mas ainda é inconclusivo com relação aos ganhos em desempenho térmico.

Palavras-chave: Reciclagem, PU, Controle ambiental, Performance térmica de edificações, Habitações, Desempenho térmico.

Introdução

A NBR 15220-1 [ABNT, 2005-1] apresenta um modelo de transferência de calor em regime estacionário com uma correção para os períodos de radiação solar por um fator de ângulo senoidal de atraso em relação à esta (ϕ). Apesar deste fator poder ser relacionado à difusividade térmica, ele é empírico. Considerando o clima da região de três lagoas a NBR 15220-3 sugere o uso de materiais com alta capacidade térmica, ventilação no ático (espaço entre a cobertura e o forro) e sombreamento da luz que adentra a habitação [ABNT, 2005-2]. Independe destas medidas, que muitas vezes não são aplicadas seja por custos ou outros fatores ignorados, a melhoria do sistema de isolamento que pode propiciar maior eficiência para a habitação diminuindo a temperatura máxima do dia na superfície do forro e, portanto, aumentando o período de tempo de conforto humano.

A taxa de reciclagem do poliuretano –PU está entre 3 a 5%v. (percentual volumétrico). PU expandido usando-se Ciclopentano (PU+CP) possui muito pouca vazão em aplicações de reciclagem, sendo quase totalmente incinerado para geração de energia. Dada a alta entalpia de combustão e a dispersão de fases entre o CP e o PU, a sua queima é excelente e pode ser controlada para evitar qualquer tipo de danos ao ambiente e às comunidades próximas de geração de energia.

O ciclopentano é um material que apresenta toxicidade e, portanto, deve ser manejado com cuidado. Os custos atuais com o manejo deste material são grandes principalmente se o local de descarte estiver distante de aterros sanitários adequados, como é o caso do problema específico a ser tratado neste trabalho. Trituradores industriais podem ser adaptados para garantir produção de pó do PU+CP em escala industrial e segurança, segundo o trabalho de Nifuku [2006].

O objetivo deste trabalho era determinar a ação do material reciclado na temperatura da superfície superior de um forro de cobertura em uma habitação na região tropical.

Metodologia

Os materiais a serem investigados foram o PU expansivo WURTH e PU+CP. O material para reciclagem foi fornecido como resíduo de aparelhos refrigeradores descartados (*scrap*) e de resíduos de testes de qualidade da produção.

Preliminarmente, foram feitos testes para investigar as propriedades de adesão de PU novo e PU a ser reciclado contendo ciclopentano. O PU foi picado manualmente.para este teste.

Para cobrir as telhas com PU e o reciclado, o pó do reciclado foi dispersado e comprimido, liberando o ciclopentano que funciona como adesivo fixando o material em qualquer ponto da telha. Depois a telha de fibrocimento ondulada tropical BRASILIT recebeu o spray de PU vedação em spray, mantendo-se a espessura entre 30 e 50 mm.

Este foi cominuído em um triturador doméstico em ventilação forçada (capela). Testes iniciais mostraram que à menor velocidade de giro das lâminas possível com a montagem de fábrica eram necessários 20 min para um diâmetro médio de Um trabalho [NIFUKU, 2005] mostrou que a concentração de ciclopentano no ar não tinha relação com a ignição no triturador, portanto, foi construído um controle da potência para modular a velocidade das lâminas do liquidificador com o objetivo de diminuir os riscos de autoignição do ciclopentano e manter qualidade suficiente para o pó resultante. Foram feitos 4 testes variando-se a velocidade das lâminas e medindo-se o tempo até que alcançar o diâmetro médio D50=10 mm.

A interface de adesão entre os pedaços de PU+CP e PU novo foi fotografada através de uma lupa com iluminação.

Para examinar o diâmetro do pó foi usado um estereoscópio OPTON TIM-30 no aumento de 10X para manter a profundidade de foco. O tamanho do pó foi retirado pela

comparação direta com uma escala calibrada na objetiva do microscópio.

A telha de fibrocimento BRASILIT com 1,10 m X 0,90 m foi exposta ao sol e teve sua temperatura observada através de um termopar tipo K ligado a um controlador calibrado BERM 310. para investigação de efeitos transientes de borda.

As simulações foram feitas usando-se os programas FUSION, NASTRAN, CFD e MATLAB. Primeiro, foram feitas simulações estáticas da geometria projetada considerando-se apenas condução entre as peças de construção (telhado, forro, paredes e base) e convecção forçada (vento) nas paredes sudeste e sudoeste Figura 1b).

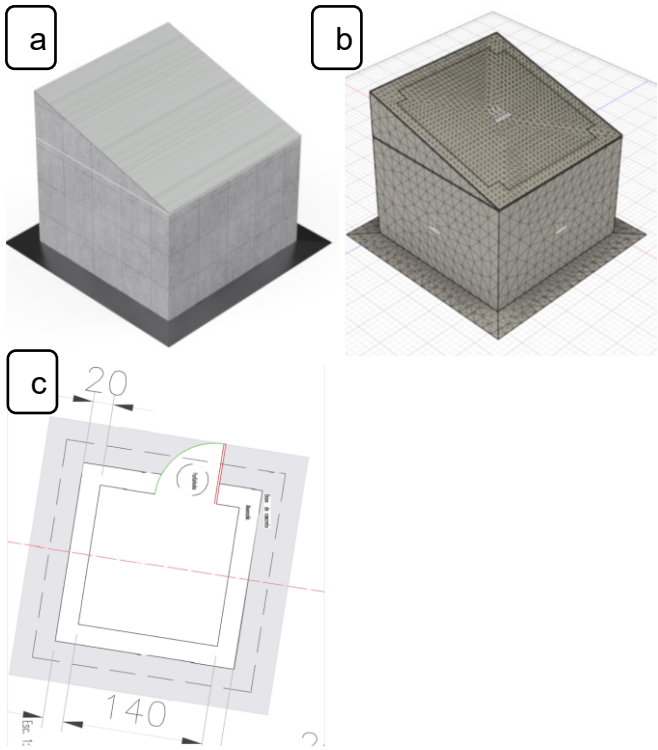

Figura 1. a) Modelo computacional com peças de construção separadas b) Entradas e saídas de calor: convecção em duas paredes e radiação na superfície da cobertura e a Malha tridimensional. c) dimensões do modelo com o norte alinhado para cima.

Para estimar o valor da condutividade térmica foi usada a regra das misturas simples para 20%v. de PU reciclado, reduzindo a condutividade [ASHRAE, 1993] de 0,41 [ABNT, 2005-1] para 0,37 W/m²·K (9,8% de redução). A troca térmica do telhado com o ar possui um coeficiente de transmissão de calor TOTAL $h_t = Q'/\Delta T = k + h = 10$ W/m²·K [EVANGELISTI, 2017], k: conditividade, h: convectivo, Q´: taxa de transferência de calor.

No estudo de condução, o telhado e a portinhola foi aço galvanizado e os outros materiais foram atribuídos como concreto. As propriedades dos materiais usados na simulação de dinâmica dos fluidos foram, condutividade térmica k, capacidade calorífica e retirados da norma ABNT 15575-13 e da literatura [ASHRAE, 1993].

Para inserir os dados de radiação solar, foi usado o modelo ondulatório e foram inseridas as coordenadas locais de localização geográfica: 20°45'47.5"S 51°42'18.5"W.

Resultados e Discussão

Os testes de adesão mostraram, como esperado, total adesão entre as partículas de PU+CP reciclado e o PU espirrado sobre este, **Figura 2**. A matriz de ambos os materiais é a mesma e segundo a lei de dissolução, o composto final tem adesão total entre as partes e com a telha de cobertura. Entretanto, depois de 4 testes de borrifamento com PU picado e triturado, poros de gás isolados com aproximadamente 10 mm de diâmetro foram encontrados em todas as seções transversais. Como foram esparsos, estes poros, provavelmente não devem impedir a continuidade deste trabalho com testes de propriedades mecânicas.

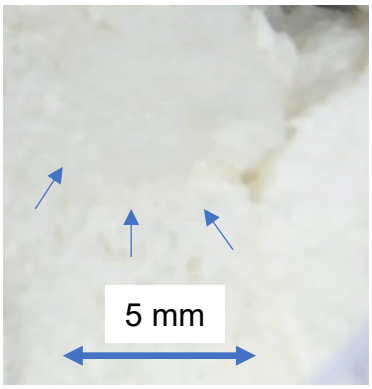

Figura 2. Adesão entre PU reciclado e novo. Setas indicam interface.

O acompanhamento da temperatura da telha de fibrocimento mostrou que os efeitos na borda da geometria são desprezíveis para o telhado e a temperatura média ficou em 56 ºC durante o inverno com temperaturas ambientes máximas de 36 ºC e umidade de 35%.

O modelo de alvenaria foi projetado para validar os experimentos de condutividade. Ele está sendo construído em uma região com pouca sombra e aberta ao vento com as dimensões dadas pela **Figura 1c**).

O pó resultante da trituração estava recoberto pelo ciclopentano líquido e presenta forma quase esférica. Após diversas montagens, um triturador doméstico foi com sucesso controlado por um variador de voltagem (varistor) ligado ao motor elétrico DC. Depois os testes mostraram que após 10 minutos e com 20% da potência original a mesma massa de PU pode ser reduzida a um diâmetro médio de 10 mm, mas

evidentemente com diminuição dos riscos, já com potência de 20% da inicial as lâminas giram a uma velocidade muito menor o que deve significar menor probabilidade de autoignição.

A simulação feita sem vento do ambiente (convecção forçada) no CFD considerando todo o modelo como uma peça única resultou em 150 ºC na superfície do telhado sem a troca térmica por convecção. A simulação estática mostrou temperaturas muito altas nas paredes sem convecção (canto oposto ao vento, e também no forro. No topo da cobertura, um resultado de 103,6 ºC no canto oposto ao vento, **Figura 3,** é melhor do que ao se ignorar completamente a convecção, mas ainda muito acima do resultado experimental, indicando que o modelamento precisava ser mais complicado. Entretanto, como já era esperado, as simulações finais no CFD ainda não resultaram devido ao pouco tempo entre esta nova linha e o a data de escrita deste trabalho e a inexperiência deste grupo de trabalho em simulação térmica.

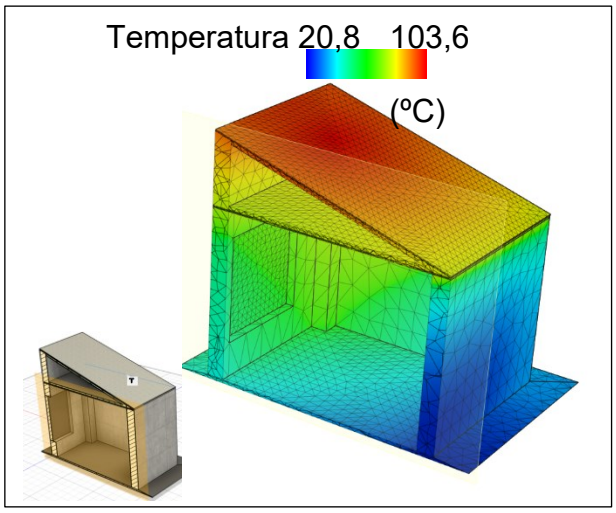

Figura 3. Distribuição de temperaturas em um corte considerando apenas condução entre as peças, radiação e convecção forçada com o ambiente e malha tridimensional.

Os recursos computacionais disponíveis não são suficientes para lidar com modelos com tantas entradas e geometria tão complexa. Possivelmente, a geometria deve ser simplificada independentemente do tamanho da malha e de problemas com esta.

Esse resultado encontrado na **Figura 3,** apesar de ter valores de temperatura falsos, indica que a simulação é útil para encontrar as variações da temperatura ao longo da geometria e que a convecção forçada com as paredes deve ser levada em consideração para avaliar o impacto final do sistema de cobertura e não apenas a convecção com o topo da mesma. Isto porque mostra que quando considerada esta convecção há um fluxo de calor que impacta em uma diferença na temperatura máxima na cobertura 149,9-103,6 ºC.

Após o estudo de diversas configuração e sistemas comerciais de aquisição de dados, optou-se pelo sistema constituído por 6 termopares tipo K, uma placa de conversão MAX 6675 e um processador Raspberry pie 2.

A alta cinética com que a reação se processa em um bico de bunsen e entalpia de combustão do PU+CP indicam que este material é um bom candidato a queima para geração de potência, entretanto, este trabalho mostrou que há possibilidade de se trabalhar com este material sem grandes riscos, mas ainda é inconclusivo com relação aos ganhos em desempenho térmico.

Considerações Finais

Novos ensaios de reciclagem precisam ser iniciados quando do retorno ao presencial. Ainda, antes de compararmos os resultados com PU reciclado e novo, ainda devemos encontrar um modelo que satisfaça as condições de contorno. O grupo acredita que em breve será encontrado um balanço entre a simplificação do modelo que permita sua manipulação com os recursos disponíveis e resultados próximos aos experimentais.

Agradecimentos

À CNPQ pela concessão de bolsas PAET no edital 009/2019. à colaboração experimental dos técnicos Lígia Perassa e Gilberto.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Desempenho térmico de edificações Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zonas de mapeamento climático. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Desempenho térmico de edificações Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2005.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR- CONDITIONING ENGINEERS - ASHRAE Handbook Fundamentals, ed. ASHRAE, Atlanta, 1993.

EVANGELISTI, L.; GUATTARI, C.; GORI, P.; BIANCHI, F. Heat transfer study of external convective and radiative coefficients for building applications. Energy and Buildings, v. 151, p. 429–438, 2017.

NIFUKU, M.; TSUJITA, H.; FUJINO, K.; et al. Ignitability assessment of shredder dusts of refrigerator and the prevention of the dust explosion. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, v. 19, n. 2–3, p. 181–186, 2006.

CICLOPENTHANE EXPANDED PU MECHANICAL RECYCLING FOR ROOF COATINGS

Abstract: PU foams are not recycled and when are expanded with Cyclopentane the task becomes more difficult with few cases found in literature. In this work, exploratory experiments of recycling end thermal performance were executed. PU foams can have greater quantities of this recycled material in their compositions with good adhesion.

Keywords: Thermal performance, buildings, PU, Foam recycling.