Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.11, 2023
ISSN 2178-6925

COMPARATIVO ENTRE AS EMISSÕES DE CO2 NA FABRICAÇÃO DOS MATERIAIS DE TELHAS TERMOACÚSTICAS, DE FIBROCIMENTO, CERÂMICAS E DE CONCRETO

COMPARISON BETWEEN CO2 EMISSIONS IN THE MANUFACTURING OF THERMOACOUSTIC TILE, FIBER CEMENT, CERAMIC AND CONCRETE TILE MATERIALS

Lavinya R. Barbosa Tavares
Acadêmica em Engenharia Civil, IESC/FAG- Faculdade Guaraí, Brasil
E-mail: lavinyarufinnatavares@gmail.com
Marina Rodrigues de Sena
Acadêmica em Engenharia Civil, IESC/FAG- Faculdade Guaraí, Brasil
E-mail: marinarodriguesdesena1@gmail.com
Karla Cristina Bentes Moreira
Mestranda em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGECiv) UFSCar; Docente da IESC/FAG, Brasil
E-mail: karla.moreira@iescfag.edu.br
Shara Carvalho Lopes
Doutoranda em Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, Brasil E-mail: shara_cl@hotmail.com

Resumo

A construção civil fornece diversos impactos para a sociedade, sejam eles vantajosos como para o aumento da economia do país, sejam desvantajosos, como impactos ambientais causada pela fabricação de materiais utilizados na construção civil. Nessa questão ambiental, medidas devem ser tomadas para minimizar esse impacto ambiental, decorrente da operação da construção Civil. Pensando nisso, busca usar matérias que menos polui o meio ambiente. O objetivo desse trabalho consiste em realizar um levantamento bibliográfico, através de um comparativo na fabricação de diferentes materiais de telhas termoacústicas, de fibrocimento, cerâmica e concreto, para assim obter resultados que mostrem o melhor tipo de telha para diminuição de CO2 como para o conforto do usuário.

Palavras-chave: Sistema de cobertura geral**;** Análise de ciclo de vida energético; Pegada de carbono.

Abstract

Civil construction provides several impacts to society, whether they are advantageous for increasing the country's economy, or disadvantageous, such as the environmental impacts caused by the manufacture of materials used in civil construction. In this environmental issue, measures must be taken to minimize the environmental impact resulting from the Civil Construction operation. With that in mind, it seeks to use materials that less pollute the environment. The objective of this work is to carry out a bibliographical survey, through a comparison in the manufacture of different materials of thermoacoustic tiles, of fiber cement, ceramic and concrete, in order to obtain results that show the best type of tile for the reduction of CO2 and for the comfort of the user.

Keywords: General coverage system; Energy life cycle analysis; Carbon footprint.

1. Introdução

O setor de construção civil é o que mais se utiliza de recursos naturais para sua execução (SILVA *et al.*, 2018). Sendo assim, torna-se indispensável buscar novas soluções tecnológicas que permitam um manejo ecológico, possibilitando cuidar cada vez mais do meio ambiente (MATUTI; SANTANA, 2019).

A sustentabilidade na construção civil é um tema cada vez mais importante, uma vez que a construção é uma das atividades humanas que mais consome recursos naturais e gera impactos ambientais, conforme visto no Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR), a construção civil é responsável por consumir quase 75% dos recursos naturais extraídos, além disso 84 toneladas de resíduos de obras são geradas anualmente pelas empresas (SINIR, 2019).

A conscientização da população e entidades em meio aos danos ambientais tem buscado por novas fontes renováveis que possam diminuírem o impacto ao meio ambiente, ao passo que as matrizes não-renováveis trazem essa preocupação mundial em termos de dependência energética, as fontes renováveis surgiram como um estímulo de diminuição de impacto ambiental, sendo viável e vantajosa para o desenvolvimento sustentável e socioeconômico (OLIVEIRA e FERNANDES, 2021).

Considerada uma opção mais viável ambientalmente, as telhas cerâmicas fazem uso de materiais renováveis na sua fabricação como cavacos de madeira e a biomassa, além de liberar pouca quantidade de gás carbônico e usar 70% menos água do que o telhado de concreto, por exemplo (ALMEIDA, 2020).

As telhas de concreto surgiram no mercado com uma nova proposta de cobertura. A escolha pela telha de concreto vem crescendo devido esta ter boa resistência e estética (COSTA, 2017). Segundo Souza (2019), as telhas proporcionam bom conforto térmico por conta de seu baixo coeficiente de condutividade térmica e sua grande refletância ao sol.

Em comparação com sistemas de coberturas disponíveis no país, os telhados de fibrocimento são os que apresentam: melhor custo-benefício, melhores soluções para habitação social, instalações rurais, galpões industriais e projetos de infraestrutura (MAGALHÃES, 2018).

Segundo Associação Brasileira da Construção Metálica (ABCEM, 2022), as telhas

termoacústicas contribuem no desempenho ambiental, por utilizarem materiais recicláveis e soluções de montagem racionalizadas, com baixos desperdícios. Além disso, podem incorporar sistemas de captação de águas pluviais para reuso, bem como abrigar sistemas fotovoltaicos propiciando a produção de energia renovável.

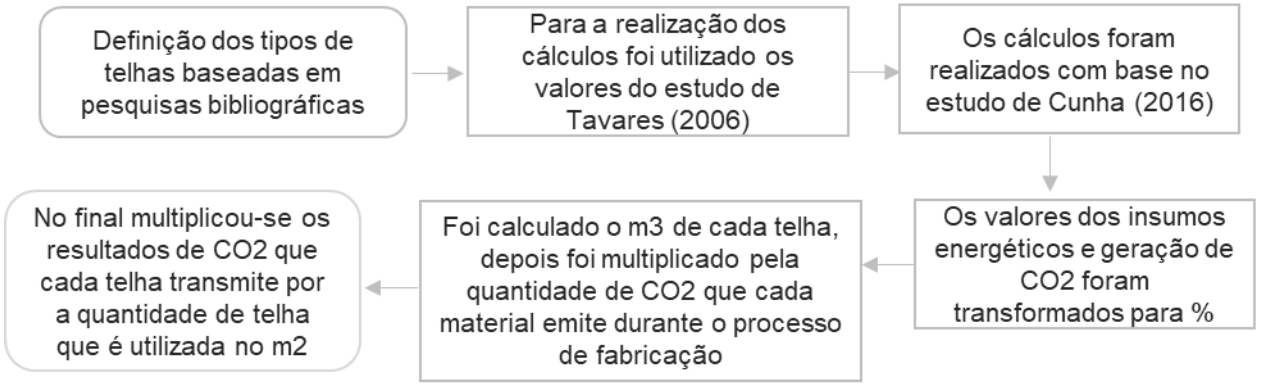
1.1. Objetivos gerais

O presente artigo tem como objetivo abordar sobre comparativo entre emissões de CO2 na fabricação de materiais de telhas cerâmica, de fibrocimento, termoacústicas e de concreto. Apresentando os seguintes objetivos específicos: conhecer sobre o sistema de cobertura em geral; conhecer sobre análise do ciclo de vida energético dos materiais para fabricação das telhas; e a Pegada de carbono.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desse artigo foi feita uma análise comparativa, baseada em pesquisas bibliográficas, com o objetivo de obter comparações dos diferentes tipos de materiais que são utilizados para fabricação das telhas, cerâmicas, fibrocimento, termoacústicas e de concreto e obtendo as características de cada telha. Assim, foi realizado pesquisas bibliográficas do estudo de Tavares (2006), na qual foram utilizados os dados obtidos por ele para a realização dos cálculos para a quantificação de CO_2 no processo de fabricação dos materiais das telhas abordadas neste artigo. Na Figura 1 estão descritos os passos que foram feitos para a realização da pesquisa.

Figura 1: Fluxograma das etapas de pesquisa.



Fonte: Autores (2023).

3. Revisão da Literatura

3.1. Sistemas de coberturas em geral

A NBR 15575-5 (ABNT,2013) caracteriza sistema de cobertura como:

> Conjunto de elementos/componentes, dispostos no topo da construção, com as funções de assegurar estanqueidade às águas pluviais e salubridade, proteger demais sistemas da edificação habitacional ou elementos e componentes da deterioração por agentes naturais, e contribuir positivamente para o conforto termoacústico da edificação habitacional (ABNT, 2013).

As primeiras características que devem ser analisadas, são o estilo e a finalidade da construção, pois cada tipo de telha apresenta propriedades únicas. Então, para decidir qual

telha usar deve-se levar em conta fatores como o formato e a inclinação desejada para a cobertura, conforto térmico, estética, entre outros (PEREIRA, 2018).

O telhado é de fundamental importância também para o controle térmico e acústico do ambiente, já que apresenta propriedades isolantes que acarretam o isolamento térmico, mas a principal função é a proteção contra a temperatura e contra os climas adversos como chuvas, ventos, proteção contra o sol, entre outros. Além de uma considerável importância estética para determinadas elevações (DINIZ, 2018).

Para Ramos et al., (2018), a manutenção dos telhados é frequentemente negligenciada nas fases de projeto e execução, diminuindo o desempenho do sistema de cobertura, encurtando sua vida útil. Um estudo feito por Medeiros, Durante e Caldeias (2018) avaliou os impactos ambientais de diferentes sistemas construtivos pela metodologia de Análise do Ciclo de Vida (ACV). O estudo apontou que o sistema de cobertura apresentou os maiores valores em toxicidade humana e depleção de metais.

3.2. Telha cerâmica

A NBR 15310 (ABNT,2009), a define Telha cerâmica como “Componente para cobertura constituída por peças côncavas (canais) e por peças convexas (capas) que se recobrem longitudinal e transversalmente, compondo vedos estanques à água” (Figura 2).

A produção da cerâmica é dada a partir da argila, que se torna plástica e fácil de moldar quando umedecida. Depois de submetida à secagem para retirar a maior parte da água, a peça moldada é submetida a altas temperaturas (com média de 1.000 ºC), que lhe atribuem rigidez e resistência mediante a fusão de certos componentes da massa e, em alguns casos, fixando os esmaltes na superfície (ANFACER, 2018).

Fabricados, estes materiais apresentam algumas vantagens em relação a outros revestimentos cerâmicos, nomeadamente: duradouros e fiáveis, resistentes ao fogo, resistentes à radiação UV, à chuva química, ao vento e às variações de temperatura. Também possuem baixa condutividade térmica, absorvem ruídos e não acumulam tensões eletrostáticas (LAZAREVA *et al*., 2018).

Dentre os problemas que tem afetado a qualidade de vida nos centros urbanos, destaca-se a poluição atmosférica (OLIVEIRA et al, 2019). Com esse ritmo acelerado da construção civil, os impactos ambientais vêm aumentando, como a fabricação da telha cerâmica que emite CO_2 para a atmosfera (OLIVEIRA et al, 2019). O ar pode ser poluído de diversas formas como; o lançamento de gases tóxicos provenientes de fábricas, cigarros, carros, com grandes queimadas, elevando assim a contaminação do ar, sendo assim, não só é contaminado o lugar onde é emitido os gases, pois, com a ação dos ventos são espalhados levando-os a contaminação a diversos lugares (GITIMAYER, 2018).

Figura 2- Telhas cerâmicas



Fonte: Sua obra (2019).

3.3. Telha de fibrocimento

De acordo com a NBR 15210-1 (ABNT, 2005) define as telhas de fibrocimento sem amianto são compostas por cimento Portland, agregados e aditivos com o reforço de fibras, sendo proibido o uso de fibras de amianto (Figura 3). A face que entrará em contato com chuva, vento, granizo, dentre outras intempéries tem de ser lisa. Para ajudar no manuseio e aplicação as mesmas podem ser produzidas com furos em seus cantos ou até mesmo já cortadas.

Figura 3- Telha de fibrocimento sem amianto.



Fonte: Autores (2023).

Possuem vantagens tais como: a rapidez, baixo custo e alta resistência mecânica, essas telhas têm uma alta durabilidade e são muito resistentes a agentes externos, suportando efeitos de corrosão; o ponto negativo é que elas precisam de maior manutenção devido ao envelhecimento que ocorre antes mesmo das telhas cerâmicas de mesma idade (COUTINHO, 2018).

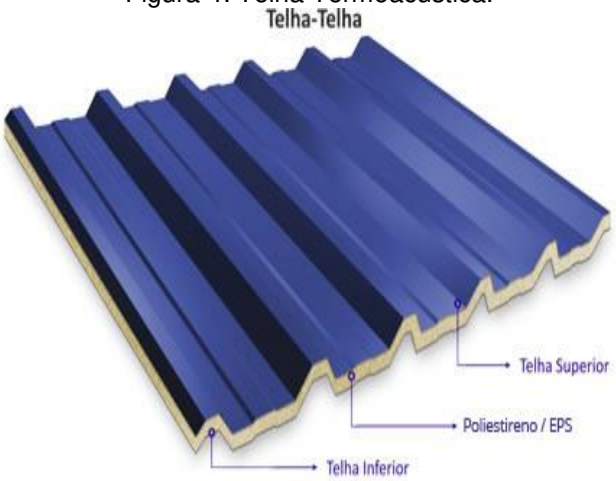
O fibrocimento é um material compósito que utiliza como ligante o cimento Portland. Considerando que a porcentagem total de CO_2 emitida durante a produção do cimento Portland, cerca de 60% são oriundas da descarbonatarão de rochas calcárias para produção do clínquer. Com a substituição do clínquer por materiais pozolânicos, essa emissão de gases estufa pode ser reduzida em 30 a 40%, sem causar danos significativos às propriedades mecânicas e físicas do material (SKIBSTED e SNELLINGS, 2019).

3.4. Telha termoacústica

Segundo a NBR 16373 (ABNT, 2015) define a telha termoacústica como “conjunto por uma ou mais telhas metálicas, com camadas de materiais termoisolantes e/ou acústicas, sendo produzida em unidade fabril ou montadas na obra”.

As telhas e painéis termoisolantes com núcleos rígidos (Figura 4), formando peças monolíticas que já saem de fábrica prontas para uso, podem ser produzidas por métodos diversos. No caso dos produtos com núcleo em EPS, a colagem das placas de isolante nas chapas inferior e superior que vão compor a telha ou o painel sanduíche é a técnica utilizada e pode ser feita manualmente, em linhas descontínuas ou em linhas semi-contínuas (ABCEM, 2022, p.43).

Figura 4: Telha Termoacústica.



Fonte: Casa e Construção (2017).

De acordo com ABCEM (2022), as telhas são amplamente empregadas em edificações industriais e comerciais, tanto para cobertura como para fechamentos laterais, devido à variedade de suas geometrias e acabamentos, além da flexibilidade de uso. Elas são utilizadas em ampla gama de aplicações, desde galpões de aviários até sistemas complexos de alto desempenho termoacústico, incluindo terminais de passageiros de aeroportos.

3.5. Telha de concreto

A telha de concreto é usada na confecção de telhados principalmente residencial. Segundo a NBR 13858-2 (ABNT, 2009), as telhas de concreto são elementos que compõe uma cobertura e sua forma mais usada é retangular com perfil ondulado, com composição de cimento, agregado e água, conforme a Figura 5. Podendo ainda ser encontrado na cor natural ou pigmentada em diversas cores.

Figura 5: Telha de Concreto.



Fonte: Autores (2023).

Durante o processo de fabricação, as duas matérias-primas, areia e cimento, vão para um misturador onde são misturadas com água e por vezes pigmentos ou adicionados outros aditivos. Essa mistura é encaminhada até a extrusor para a prensagem, extrusão e corte, onde será moldada a forma final da telha (MULLER; SCHNEIDER, 2018).

Atualmente existem diferentes modelos de telhas de concreto. As telhas sofrem variações de nomes em um único modelo, cada empresa pode atribuir um nome para um mesmo modelo de telha (COSTA, 2017).

As telhas de concreto se destacam ainda pela condutividade elétrica, comprovada pelo estudo de Zhao *et al.,* (2019) através de uma simulação numérica e o resultado apresentou que as telhas de concreto apresentam excelentes características para aquecimentos térmicos.

3.6. A sociedade em busca de uma construção mais sustentável

Discussões acerca dos impactos ambientais são resultados da geração de resíduos por parte do setor da construção civil, visto que este gera entre 40 a 70% dos resíduos sólidos, e também, é responsável por 10% das emissões de gases do efeito estufa na atmosfera (MEDEIROS *et al*., 2018).

Kriegler *et al.,* (2018) afirma que uma consequência simples do impacto cumulativo das emissões de CO_2 na temperatura global é a proporção do atraso com o nível de redução. Ou seja, a cada ano de atraso, à medida que as emissões continuam a uma taxa constante, o tempo disponível para a transição para zero emissões líquidas para limitar o aquecimento a qualquer nível diminui em dois anos.

As emissões de dióxido de carbono acontecem desde a fabricação dos materiais a serem utilizados, que impactam o lugar onde está sendo realizada a produção desses componentes, e essa liberação de CO_2 contribui para o aquecimento global e mudanças climáticas (CALDAS, 2020). A adoção de medidas alternativas para minimizar a geração de CO_2 na fase de produção dos materiais está voltada principalmente à indústria do cimento, através do melhoramento da eficiência energética dos fornos, do uso de combustíveis alternativos e da substituição do clínquer por adições (SNIC, 2019).

As informações obtidas por uma Análise de Ciclo de Vida (ACV) podem ser utilizadas para melhorar processos, dar suporte a políticas públicas e ambientais e servir como base para tomadas de decisão (FIGUEIREDO, 2018). Ingrão *et al.,* (2018) empregou a ACV para

avaliar a sustentabilidade de edifícios com ênfase na eficiência energética, demonstrando a necessidade de normatização na construção de edifícios residenciais, almejando melhorias do seu desempenho ambiental.

Um grande desafio que o ramo da construção necessita aprimorar para que se preserve e reduza os impactos ambientais é a escolha do material de construção. Na hora de escolher os materiais corretos deve-se observar quais são eles e quais estão disponíveis na região, que sejam poucos processados, que possam ser reutilizáveis dentro da obra, não tóxicos e que, se for um produto de uso único, possa ser reciclado futuramente (SOUZA; BRITO; DA SILVA, 2019).

3.7. Análise do ciclo de vida energético

Segundo Omrany *et al*., (2020), a energia do ciclo de vida pode ser subdividida em energia embutida (EE) (ou incorporada) e energia operacional. Desse modo, o sistema completo para realização do ACVE deve abordar extração de matérias-primas, processamento e fabricação de materiais, transporte de materiais para o canteiro de obras, o processo de construção, instalação e montagem, operações prediais, manutenção e demolição (OMRANY et al., 2020).

Segundo Tavares (2006), devido à complexidade do estudo de uma ACV e a diversidade de impactos a serem mensurados, muitos estudos têm tido como principal foco a mensuração do consumo de energia ao longo do ciclo de vida das edificações o que originou o termo avaliação do ciclo de vida energético (ACVE).

No Brasil, um dos pioneiros nos estudos em ACVE de edificações é o autor Tavares (2006), trazendo para realidade brasileira, valores de consumo de energia em todas as etapas do ciclo de vida da edificação. Em sua pesquisa, verificou que 70% da energia utilizada na manufatura dos principais materiais construtivos brasileiros provém de fontes fósseis não renováveis. Para isso, se faz necessário o entendimento dos fluxos energéticos, a fim de compreender a maneira como se consomem os recursos (TAVARES, 2006).

A energia embutida (EE) é definida, como o conjunto dos insumos energéticos, diretos, que são aqueles realizados dentro dos limites da fábrica para a obtenção dos materiais de construção, e os insumos indiretos, que são os obtidos na etapa de extração e beneficiamento das matérias primas dos materiais de construção, o transporte destas para as fábricas e posteriormente dos produtos acabados para os canteiros de obras, e finalmente a energia despendida na construção (TAVARES, 2006).

A partir do consumo de materiais e da energia embutida (EE), pode ser realizada a desagregação dos valores de consumo de energia em fontes primárias. Para isso, é necessário conhecer a relação do consumo primário por fontes específicas de energia dos materiais de construção fabricados no Brasil, além da geração de CO_2 por essas fontes (TAVARES, 2016).

Tavares (2006) obteve valores de energia embutida em materiais de construção brasileiros através de análises de processos e análises estatísticas. Os resultados encontrados estão apresentados na Tabela 1 apresentada a seguir.

Tabela 1: Energia Embutida em Materiais de Construção Brasileiros.

MATERIAIS	EE (MJ/Kg)	EE (MJ/ m³)	Desperdício (%)	Densidade (Kg/m³)
Aço- chapa galvanizada	33,80	265330,00		7850
Cerâmica- telha	5,40	10260,00		1900

Fibrocimento-telha	6,00	11520,00	10	1920
Poliestireno expandido	112,00	6160,00		55

Fonte: Adaptado Tavares (2006).

Nota-se que os valores de emissões de Dióxido de Carbono por kg de material associadamente os valores de energia embutida por material (TAVARES, 2006).

3.8. Pegada de carbono

As emissões de CO_2 dos materiais de construção estão relacionadas aos resultados referentes à fase da energia embutida inicial e o da energia total do ciclo de vida (TAVARES, 2006). O estudo da pegada de carbono de qualquer produto tem por finalidade identificar os processos e atividades com maior potencial de emissão de gases do efeito estufa (GEE) e possibilitar a definição de técnicas que reduzam essas emissões de gases de uma maneira que eles sejam neutralizados, sem causar alterações climáticas (OLIVEIRA, 2020).

A construção civil apresenta impactos ambientais devido ao consumo excessivo de recursos naturais, energia e à geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Esses aspectos ambientais, juntamente com a qualidade de vida fornecida pelo ambiente construído, destacam a interdependência entre a construção e meio ambiente (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019).

Na Tabela 2 são apresentados os materiais de construção estudados e seus respectivos insumos energéticos proporcionais por fontes em seus processos de fabricação.

Tabela 2: Insumos energéticos utilizados nos processos de fabricação dos materiais de construção (%).

FONTES	FÓSSEIS NÃO RENOVAVEIS							RENOVÁVEIS				
MATERIAIS	ÓLEO DIESEL E COMBUSTÍVEL	GÁS NATURAL	GLP	COQUE DE PETROLEO	OUTRAS SECUNDARIAS DE PETROLEO	CARVÃO MINERAL	COQUE DE CARVÃO MINERAL	ELETRICIDADE	CARVÃO VEGETAL	LENHA	OUTRAS FONTES PRIM. RENOVÁVEIS	OUTRAS
AÇO E FERRO	1	6					45	10				19
CERÂMICA VERM.	4	2	8					5		80		1
CONCRETO	25	15		10				30				20
FIBROCIMENTO	15			50				30				5

Fonte: Adaptado Tavares (2016).

Percebe-se pela distribuição dos insumos que a maioria destes são oriundos de fontes fósseis, o que reforça a necessidade de se estudar a influência dos materiais para as emissões de gases do efeito estufa no ciclo de vida da edificação (TAVARES, 2016).

Na Tabela 3 são apresentados os valores de geração de CO_2 que são utilizadas durante a fabricação de cada material.

Tabela 3: Geração de CO_2 por uso de fontes combustível.

FONTE	CO_2 (kg/GJ)	CO_2 (%)
Eletricidade	42,2	0,0422
Óleo diesel	74,1	0,0741
Coque de carvão mineral	107,0	0,107
Gás natural	56,1	0,0561
Lenha	56,0	0,056
Coque de petróleo	97,5	0,0975

Fonte: Adaptado de Tavares (2006).

Fontes mais comuns utilizadas na fabricação dos materiais das telhas, assim na Tabela 3 é informada a geração de CO_2 em Quilograma por Giga Joule de energia utilizada por cada fonte (TAVARES, 2006).

3.9. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 4 são apresentados a quantidade de emissão de CO_2 que cada telha transmite durante sua fabricação.

Tabela 4: Quantidade de emissão de CO_2 nos processos de fabricação dos materiais das telhas.

Insumos energéticos utilizados nos processos de fabricação	Geração de CO2 por uso de fontes de combustíveis em % (Tabela-2)	Valores de insumos energéticos (Tabela-1)	ENERGIA EMBUTIDA EE (MJ/m^3)	Quantidade de emissão de CO_2 nos processos de fabricação
AÇO				
Óleo diesel	0,07441	0,01		196,61
Eletricidade	0,0422	0,1		1119,7
Coque de carvão mineral	0,107	0,45	265330	12775,63
Gás natural	0,0561	0,06		893,10
TOTAL				14985,06 Kg de CO_2/m^3
POLIESTIRENO EXPANDIDO				
Óleo diesel	0,0741	0,04		18,26
Gás natural	0,0561	0,23		79,48
Eletricidade	0,0422	0,50	6160	129,98
TOTAL				227,72 Kg de CO_2/m^3
CERÂMICA - TELHA				
Óleo diesel	0,0741	0,04		30,41
Eletricidade	0,0422	0,05		21,655
Gás natural	0,0561	0,02		11,51

Lenha	0,056	0,8	10260	459,65
TOTAL				523,22 Kg de CO_2/m^3
FIBROCIMENTO				
Óleo diesel	0,0741	0,15	11520	128,04
Eletricidade	0,0422	0,30		145,84
Coque de carvão mineral	0,107	0,50		616,32
TOTAL				890,2 Kg de CO_2/m^3
CONCRETO				
Óleo diesel	0,0741	0,25	753	13,94
Gás natural	0,0561	0,15		6,34
Coque de petróleo	0,0975	0,10		7,34
Eletricidade	0,0422	0,30		7178,33
TOTAL				7205,95 Kg de CO_2/m^3

Fonte: Autores (2023).

Nota- se que o processo de fabricação do material cerâmico emite menos quantidade de CO2 que as demais materiais comparados.

Na tabela 5 é apresentado os valores de CO_2 que cada telha transmite por m2.

Tabela 5: Quantidade de emissão de CO_2 por m^2 das telhas.

MATERIAL	TOTAL DE EMISSÕES
Aço – chapa galvanizada + Poliestireno expandido	3422,87 Kg de CO_2/m^3
Concreto	141,65 Kg de CO_2/m^3
Cerâmica	182,52 Kg de CO_2/m^3
Fibrocimento – telha	18,28 Kg de CO_2/m^3

Fonte: Autores (2023).

De acordo com os dados obteve-se o resultado que a telha de fibrocimento emite menos CO_2 por m2. Para obter esses resultados foi encontrado o m3 de cada telha, depois multiplicado pela emissão de CO_2 dos materiais de cada telhas.

4. Considerações finais

A construção civil é um setor onde a cadeia produtiva na qual ela está inserida gera muitos danos ao meio ambiente. A forma do processo de fabricação desses materiais empregados deve ser levada em consideração para busca de amenizar esses danos.

Pode-se notar que os valores finais de emissão de CO_2 são bastantes expressivos, assim conclui-se que a telha cerâmica emite menos CO_2 durante o processo de fabricação. Sendo assim, essa opção de fabricação de telhas cerâmicas garante mais conforto ambiental em relação a telha de fibrocimento, termoacustica e de concreto. No entanto, a telha de fibrocimento é a que menos emite CO_2 por m^2. As telhas cerâmicas possuem ótima resistência e durablidade além de emitir menos CO_2 no processo de fabricação,no entanto por m^2 não garante essa vantagem de transmitir menos emissão de CO_2. As telhas de fibrocimento possuem elavada resistência e são leves, no entanto não garatem conforto térmico e acústico. Já as telhas termoacústicas garantem execelente conforto térmico e acústico, mas em relação a emissão de CO_2 é prejudicial ao meio ambiente. Por fim, as telhas de concreto possuem vantagem como, elevada resistência ao fogo, entretanto também não possuem vantagem quanto a menor emissão de CO_2 para atmosfera.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Mayra Cristina Soares de. Análise da Eficiência Térmica de Diferentes Coberturas de Centros Comerciais no Centro de Barra do Garças-MT. 2020. 70 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Mato Grosso, Campus Universitário do Araguaia, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Barra do Garças, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONSTRUÇÃO METALICA, 2022. https://www.abcem.org.br/site/biblioteca-digital?termo=manual.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 13858-2: NBR 13858- 2: Telha de concreto – Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio. Rio de janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15210-1: Telha ondulada de fibrocimento sem amianto e seus acessórios; Parte 1 – Classificação e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575 (PARTES 1 E 5): Desempenho de Edificações Habitacionais. 4 ed. Brasília: ANBT, 2013.
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15310: Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaio. Rio de janeiro, 2009.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 16373:2015 - Telhas e painéis termoacústicos- Requisitos de desempenho, elaborada pelo Comitê Brasileiro de Siderurgia.

COUTINHO, Anderson Luiz Machado. Telhados de Edificações Habitacionais. 2018. 128p.Trabalho de Conclusão de Curso (Engenheiro Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia do Curso de Engenharia Civil, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2018.

DE SOUZA, Lilian Cardoso; BRITO, Eliézer Rouze; DA SILVA, Alberto Nogueira. TELHAS ECOLÓGICA DE PET GERENCIAMENTO DA QUALIDADE, 2019. Disponível.em:https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/telha_ecologica_de_pet_gerenciamento_da_qualidade_-_ok.pdf.

GUTH, F. Desenvolvimento De Um Tubo Compósito Polimérico Reforçado Com Fibra De Carbono. 2018. 177 f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Do Vale De Taquari, Lajeado, Rio Grande Do Sul, 2018.

LAZAREVA, Y.; KOTLVAR, A.; ORLOVA, M.; LAPUNOVA, K. Water permeability of argillite-based ceramic tiles. MATEC Web of Conferences, v.196, 2018. Disponível

em:<https://doi.org/10.1051/matecconf/201819604072>. Doi: 10.1051/matecconf/20181960407

MAGALHÃES, Rhayck Jordan. Desempenho Térmico de Telhas: Um Estudo Comparativo entre Telhas Ecológicas e Telhas De Fibrocimento. 2018. 53p. Trabalho de conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) - Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, GO, 2018.

Matuti, B. B.& Santana, G. P. (2019). Reutilização de resíduos de construção civil e demolição na fabricação de tijolo cerâmico–uma revisão. Scientia Amazonia, v. 8, n.1, E1-E13.

OLIVEIRA, O. C. de. Avaliação De Fibras De Bagaço De Cana-De-Açúcar In-Natura E Modificada Para Aplicação Em Compósitos. 2018. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências dos Materiais) - Universidade Federal do Norte Fluminense – UENF Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

OMRANY, H. et al. Application of Life Cycle Energy Assessment in Residential Buildings: A Critical Review of Recent Trends. Sustainability, v. 12, n. 1, p. 351, 2020.

SINIR. Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos. Resíduos Sólidos da Construção Civil. 2019. Disponível em: **https://www.sinir.gov.br/tipos-de-residuos/residuos-solidos-da-construção-civil/**.

SKIBSTED, J.; SNELLINGS, R. Reactivity of supplementary cementitious materials (SCMs) in cement blends. Cement and Concrete Research, v. 124, p. 105799, 2019.

SOUZA, Carlos Henrique Costa de. Estudo Comparativo de Telhado com Telha de Fibrocimento e Telhado com Telha de Concreto em Locais com Incidência de Granizo. 2019, 66p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) Universidade do Sul de Santa Catarina, Pedra Branca, 2019.

TAVARES, S. F. Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2006.

TAVARES, Sergio Fernando; BRAGANÇA, Luís. Índices de CO2 para materiais de construção em edificações brasileiras. Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment, p. 927-936, 2016.

ZHAO, R.; TUAN, C.; LUO, B.; XU, A. Radiant heating utilizing conductive concrete tiles. Building and Environment, v.148, p. 82–95, 2019. Disponível em:<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.10.059>.DOI:10.1016/j.buildenv.2018.10.059.