

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ENGENHARIA
ENGENHARIA DE ENERGIA**

**DIMENSIONAMENTO DE UMA CÂMARA FRIGORÍFICA UTILIZANDO
MATERIAIS DE BAIXO CUSTO**

CAROLINE ROCHA DA SILVA SOUZA

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2022**

**DIMENSIONAMENTO DE UMA CÂMARA FRIGORÍFICA UTILIZANDO
MATERIAIS DE BAIXO CUSTO**

Caroline Rocha da Silva Souza

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Ferreira Manfredini

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal da Grande Dourados, como parte
dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro de
Energia.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S729d Souza, Caroline Rocha Da Silva
Dimensionamento de uma câmara frigorífica com materiais de baixo custo [recurso eletrônico] /
Caroline Rocha Da Silva Souza. -- 2022.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Eduardo Manfredini Ferreira.
TCC (Graduação em Engenharia de Energia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2022.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. fibra de coco. 2. isolante térmico. 3. refrigeração. I. Ferreira, Eduardo Manfredini. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).|

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

ANEXO G - ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às 13h30min do dia 15 de julho de 2022, realizou-se de forma remota via reunião em modo online e síncrona a defesa pública do Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Energia, intitulado **DIMENSIONAMENTO DE UMA CÂMARA FRIGORÍFICA COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO** de autoria do discente **CAROLINE ROCHA DA SILVA SOUZA**, como requisito para a aprovação no componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso II. Após a defesa e posterior arguição, a banca examinadora concluiu que o Trabalho apresentado deve ser:

(X) Aprovado () Reprovado

O(A) discente declara ciência de que a sua aprovação está condicionada à entrega da versão final (encadernada, corrigida e assinada) do Trabalho de Conclusão de Curso, nos termos em que especifica o regulamento do componente curricular, em anexo ao Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia de Energia da UFGD. O(A) orientador(a) se responsabilizará pela verificação e aprovação das correções do manuscrito feitas pelo(a) discente para a elaboração da versão final.

OBSERVAÇÕES ADICIONAIS

Atender as correções e sugestões indicadas pela banca.

DISCENTE

Nome: Caroline Rocha da Silva

Assinatura: Caroline Rocha S.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Eduardo Manfredini Ferreira

Assinatura: Eduardo Manfredini Ferreira

Membro: Ramon Eduardo Pereira Silva

Assinatura: 

Membro: Rogério da Silva Santos

Assinatura: Rogério S.

Escaneie a imagem para verificar a autenticidade do documento
Hash SHA256 do PDF original #af980613d8b60f0cc868938466736f04eba87339bb7a36e202b5556d3bdcff6112
<https://valida.ae/af80fe19a9387f1ad619a236f8cd9838d5536eeb61c226ed0>



Página de assinaturas



Rogério Santos
Universidade Federal da Grande Dour...
Signatário



Caroline Souza
057.014.011-03
Reconhecer

HISTÓRICO

- | | | |
|-------------------------|---|---|
| 16 jul 2022
18:24:09 |  | Rogério da Silva Santos criou este documento. (Empresa: Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, E-mail: rogeriosantos@ufgd.edu.br, CPF: 274.396.768-40) |
| 16 jul 2022
18:24:22 |  | Rogério da Silva Santos (Empresa: Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, E-mail: rogeriosantos@ufgd.edu.br, CPF: 274.396.768-40) visualizou este documento por meio do IP 187.53.50.206 localizado em Dourados - Mato Grosso do Sul - Brazil. |
| 16 jul 2022
18:24:48 |  | Rogério da Silva Santos (Empresa: Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, E-mail: rogeriosantos@ufgd.edu.br, CPF: 274.396.768-40) assinou este documento por meio do IP 187.53.50.206 localizado em Dourados - Mato Grosso do Sul - Brazil. |
| 29 jul 2022
11:34:54 |  | Eduardo Manfredini Ferreira (E-mail: eduardomanfredini@ufgd.edu.br, CPF: 138.436.988-05) visualizou este documento por meio do IP 201.24.175.145 localizado em Dourados - Mato Grosso do Sul - Brazil. |
| 17 jul 2022
11:35:39 |  | Caroline Rocha da Silva Souza (E-mail: caroline.souza057@academico.ufgd.edu.br, CPF: 057.014.011-03) visualizou este documento por meio do IP 201.24.63.1 localizado em Dourados - Mato Grosso do Sul - Brazil. |
| 17 jul 2022
11:39:04 |  | Caroline Rocha da Silva Souza (E-mail: caroline.souza057@academico.ufgd.edu.br, CPF: 057.014.011-03) reconheceu este documento por meio do IP 201.24.63.1 localizado em Dourados - Mato Grosso do Sul - Brazil. |



Resumo: Este trabalho tem como objetivo o estudo do uso da fibra de coco como isolante térmico dos painéis para compor uma câmara frigorífica para resfriamento de bebidas em um estabelecimento, a partir da utilização do coeficiente de isolamento térmico da fibra de coco aplicada aos cálculos de dimensionamento da câmara. A confirmação da eficiência de tal material como isolante térmico deu-se a partir da comparação da capacidade frigorífica encontrada com a de uma câmara fria que utiliza materiais convencionais no isolamento térmico, como o poliestireno. Pelo valor teórico encontrado de 0,04 W/m.K, obteve-se a carga térmica de paredes, teto e piso de 0,65 kW, o que representa um aumento de 24% em relação a mesma carga calculada com o coeficiente de isolamento térmico do Isopor®.

Palavra-chave: *fibra de coco, isolante térmico, refrigeração.*

Abstract: This work has as objective to study the use of coconut fiber as a thermal insulator of panels to compose a cold room for cooling beverages in an establishment, from the use of the thermal insulation coefficient of coconut fiber applied to the dimensioning calculations of the chamber. The confirmation of the efficiency of such material as a thermal insulator was based on the comparison of the refrigeration capacity found with that of a cold chamber that uses conventional materials for thermal insulation, such as polystyrene. By the theoretical value found of 0.04 W/m.K, the thermal load of walls, ceiling and floor of 0.65 kW was obtained, which represents an increase of 24% in relation to the same load calculated with the thermal insulation coefficient of Isopor®.

Keywords: *coconut fiber, thermal insulation, refrigeration.*

DIMENSIONAMENTO DE UMA CÂMARA FRIGORÍFICA COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO

Caroline Rocha da Silva Souza

Eduardo Manfredini Ferreira

Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD

caroline.souza057@academico.ufgd.edu.br; eduardomanfredini@ufgd.edu.br

Resumo: Este trabalho tem como objetivo o estudo do uso da fibra de coco como isolante térmico dos painéis para compor uma câmara frigorífica para resfriamento de bebidas em um estabelecimento, a partir da utilização do coeficiente de isolamento térmico da fibra de coco aplicada aos cálculos de dimensionamento da câmara. A confirmação da eficiência de tal material como isolante térmico deu-se a partir da comparação da capacidade frigorífica encontrada com a de uma câmara fria que utiliza materiais convencionais no isolamento térmico, como o poliestireno. Pelo valor teórico encontrado de 0,04 W/m.K, obteve-se a carga térmica de paredes, teto e piso de 0,65 kW, o que representa um aumento de 24% em relação a mesma carga calculada com o coeficiente de isolamento térmico do Isopor®.

Palavra-chave: fibra de coco, isolante térmico, refrigeração.

1. INTRODUÇÃO

A refrigeração pode ser utilizada tanto em processos de mudança de características quanto de estrutura química, como nos casos de processamento de alimentos, podendo-se citar, por exemplo, a cerveja (Stoecker; Jabardo, 2018). Ela é aplicada como ferramenta para a conservação de produtos perecíveis, visando prolongar a vida do produto e melhorar a experiência do consumo, como é o caso tanto de bebidas alcoólicas quanto não alcoólicas.

Um dos meios de se obter a refrigeração de produtos é através de câmaras frigoríficas. Elas são projetadas para, além de armazenar, conservar o produto, submetendo-o a baixa temperatura. A baixa temperatura é mantida constante devido ao uso de isolantes térmicos, materiais que possuem propriedades que possibilitam a manutenção das condições climáticas internas do edifício, independentemente das variações das temperaturas e das condições climáticas externas (Notarianni, 2014). Em substituição a materiais convencionais, de natureza sintética, resíduos agrícolas vêm ganhando notoriedade quando se trata de isolamento térmico, como a fibra de coco, que possui alto desempenho como isolante térmico (Panyakaew; Fotios, 2011).

Desta forma, o projeto tem como intuito o dimensionamento e análise de câmara frigorífica para resfriamento e armazenamento de bebidas em um bar localizado no município de Dourados, MS, levando-se em conta a substituição de materiais isolantes comumente utilizados por equivalentes que possuem maior sustentabilidade, como o isolante térmico.

A avaliação contempla o estudo dos materiais disponíveis no mercado para uma substituição eficaz do material isolante na constituição da câmara, visando empregar resíduos orgânicos, como a fibra de coco, como substituto aos materiais convencionais, seguido do desenvolvimento de cálculo para a análise da carga térmica necessária para o equipamento de refrigeração da câmara atuar de forma eficaz, bem como a escolha desses modelos.

2. ESTUDO DE CASO

Utilizando-se da planta do estabelecimento proposto, teve-se em vista a área disponível no prédio, a disposição dos freezers auxiliares, do balcão de atendimento e a altura do pé-direito, parâmetros importantes na definição das dimensões do modelo de câmara fria, bem como as medidas que seriam adotadas nas paredes da câmara, quais fossem, comprimento, largura e altura, de forma a aproveitar a maior área útil sem comprometer a disposição das mesas.

Outros fatores levados em conta foram as instalações elétricas presentes no local, a exposição a luz solar e o posicionamento diante do tráfego de pessoas, parâmetros importantes para um dimensionamento eficaz (Costa, 2018).

Para definição das dimensões da câmara frigorífica, adotou-se a planta real do bar, com medição das grandezas feitas no local.

Na Fig. 1 apresenta-se a planta base do local, com as mesas de sinuca e de clientes dispostas pelo salão. A partir da análise da planta base, constatou-se que a área total disponível no estabelecimento é de 405 m², com pé-direito de 4 metros.

Após a análise das condições locais e espaço disponível, optou-se por adotar um modelo de câmara fria com área de base retangular, a qual está representada no canto superior esquerdo da Fig. 1, visto que tais dimensões se encaixam com maior facilidade na estrutura já existente no bar, não atrapalhando a disposição das mesas dos clientes. Porém, se faz necessária a retirada dos banheiros do local onde estão, seguindo as recomendações da ABNT NBR 15635:2015, que dita

os requisitos de boas práticas higiênico-sanitárias e controles operacionais essenciais para serviços de alimentação, em que deve haver uma distância onde os produtos são armazenados e onde os sanitários estão localizados, para evitar contaminações.

Tendo em vista que o objetivo foi a projeção de um modelo com área de base retangular, e aproveitar o espaço do antigo depósito de bebidas do bar, com as medidas tiradas do local, esboçou-se a medida de 3,25 x 3,85 x 2,75 m. A disposição das caixas, com vista frontal e superior, é vista na Fig.2.

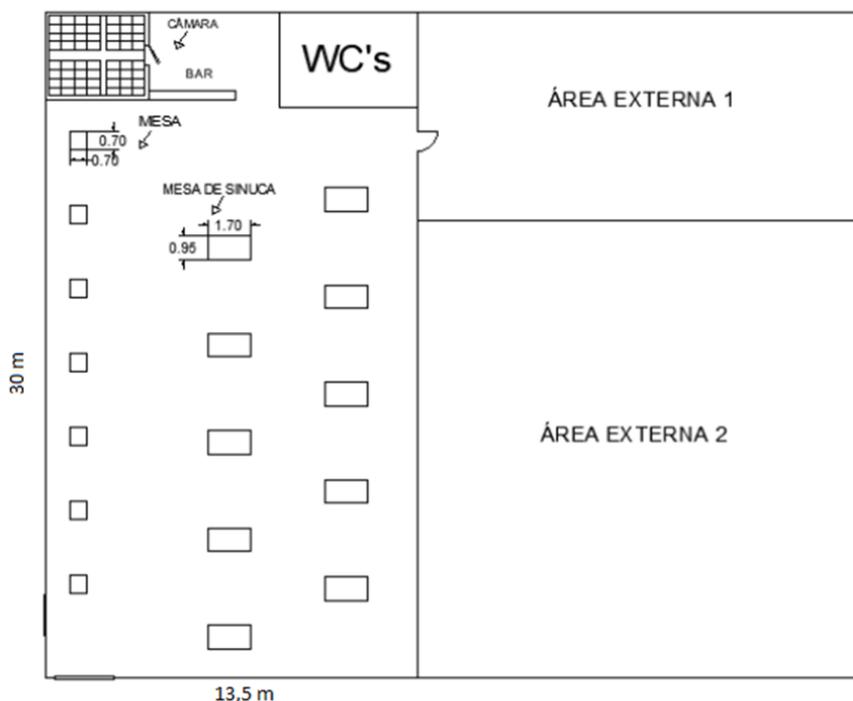


Figura 1. Planta base do local.

Fonte: a autora.

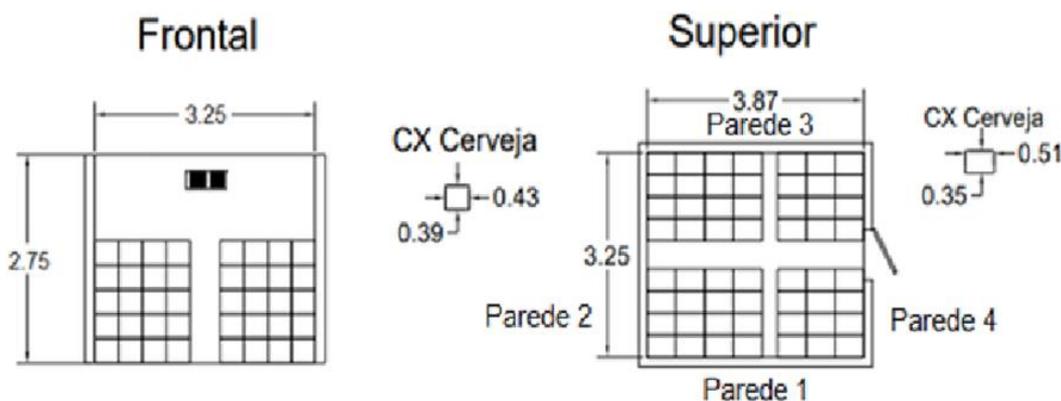


Figura 2. Vistas frontal e superior da câmara frigorífica e da caixa de cerveja.

Fonte: a autora.

Na câmara, as garrafas são armazenadas e resfriadas nos engradados em que são comercializadas, cada uma contendo 24 garrafas de 600ml, empilhadas de cinco em cinco caixas.

Definidas as dimensões da câmara e dos engradados, passou-se a observar o método de fabricação que mais se adequaria as condições, optando-se pela utilização de painéis pré-fabricados, de forma modulável, com a tecnologia *sandwich*, modelo no qual uma placa do isolante é envolvido por duas chapas de aço, também com características de isolante térmico, com o intuito de se prolongar a vida útil do material, além das placas de aço pré-fabricadas se encaixarem, resultando em maior facilidade de instalação.

Após a determinação das dimensões e do método de fabricação das paredes, estudou-se quais seriam os melhores materiais a serem utilizados nas paredes, teto e piso, pois tal escolha influencia diretamente no isolamento térmico do sistema, podendo gerar impacto na carga térmica e em seu consumo de energia elétrica.

A finalidade desse estudo foi a de encontrar materiais de menor custo e impacto ambiental para tornar o projeto mais sustentável, mas que entregasse o mesmo desempenho dos materiais empregados usualmente.

2.1 Materiais isolantes térmicos

A escolha do isolante térmico teve por objetivo reduzir as taxas de transferência de calor e de carga térmica pela transmissão de calor pela superfície além de manter a temperatura da parede externa da câmara próxima à do ambiente externo a fim de evitar problemas relacionados à condensação da umidade atmosférica.

Os materiais isolantes são geralmente encontrados na forma de painéis, fibras, espumas ou grânulos. Eles podem ser classificados baseados na sua estrutura, no processo ao qual é submetido e o tipo de matéria-prima do qual ele provém (Galbusera, Mammi, apud Nejeliski *et al.*, 2020).

Navroski *et al.* (2010) citam que os principais isolantes usados atualmente são os sintéticos: poliuretano, que possui condutividade térmica de 0,03 W/m·K, e o poliestireno expandido (EPS), comercializado como Isopor®, que é um termoplástico formado na polimerização do estireno na água, sendo o material mais conhecido em se tratando de isolante térmico. Além de suas propriedades isolantes, duas outras características têm fortalecido a presença de ambos no mercado consumidor: a leveza e o baixo custo (Santos, 2008).

Tem-se, também, os isolantes que utilizam suas fibras para armazenar o ar, entre eles as lãs de vidro e de rocha. Ambas possuem um método de fabricação semelhante: a matéria-prima é submetida a altas temperaturas, e as lançam em discos, a fim de formar as fibras. Em cada uma é adicionado óleo de redução de pó e resina fenólica para unir as fibras e melhorar as propriedades do produto. O material resultante é leve e macio e as fibras são aplicadas para preencher estruturas com cavidades (Abu-Jdayil *et al.*, 2019). Nesse grupo também se encaixam as fibras isolantes feitas a partir de materiais não-convencionais, como o bagaço-de-cana e a fibra de coco.

A Tab. 1 mostra as propriedades térmicas dos principais materiais isolantes não convencionais, como massa específica (ρ), o coeficiente de isolamento térmico (k) e a espessura (e) (Nejeliski *et al.*, 2020). Uma comparação com os valores do EPS, que é o material mais utilizado para este fim, mostra que os valores materiais pouco usuais estão condizentes com os convencionais.

Tabela 1. Principais materiais isolantes não convencionais.

Isolante térmico	ρ (kg/m ³)	k (W/m·K)	e (mm)
Bagaço-de-cana	350	0,046 a 0,065	25
Casca de arroz	170	0,70 a 0,84	16,4 e 41,13
	298 a 433	0,06 a 0,07	17 e 25
Fibra de coco	200	0,040 a 0,058	5, 8, 15, 28
	250	0,046 a 0,068	25
	350		
	450		
Palha	250	0,051 a 0,053	
Sabugo de milho	334	0,101	3, 5, 6 e 8
EPS	300	0,03	12, 25, 40 e 50

Fonte: (Nejeliski *et al.*, 2020).

Quando comparados com materiais sintéticos, a utilização de matérias-primas de origem vegetal possui muitas vantagens. O ciclo de vida do produto é menos agressivo ao meio ambiente, o gasto de energia ao longo da cadeia produtiva é menor e são biodegradáveis (Nejeliski *et al.*, 2020). A redução de CO₂ proveniente do desenvolvimento da planta já pode ser apontada como uma característica de sustentabilidade. Porém, os sintéticos têm como vantagem a durabilidade e alta eficiência, bem como custo acessível, apesar de poder gerar futuros problemas de saúde e contribuir ativamente para a poluição do planeta.

Segundo (Mendes, 2000 p. 7), devido às suas características estruturais, a fibra de coco é adequada para se desenvolver um isolante térmico, com dimensões a serem especificadas em função das análises de fluxo de calor, devido

à eficiência das propriedades térmicas variarem com a massa específica e com a espessura do material. Outro ponto favorável são as características de suas propriedades como a capacidade de alongamento e elasticidade, resistência à temperatura, resistência à tensão e deformação, densidade, baixo custo entre outras. A confecção de chapas usando fibras de coco e resinas de aglutinante, com a finalidade de isolamento acústico e térmico, tem ganhado mercado devido a seu custo e a sustentabilidade do produto (Silva *et al.*, 2000).

O coeficiente de condutividade térmica da fibra de coco foi determinado através de um estudo feito por Oliveira *et al.*, 2015) a partir de amostras com diferentes composições dos materiais e ensaios específicos, aliados ao uso do Arduino UNO vinculado ao Excel e através de análise gráfica, tornando a determinação do valor do coeficiente k possível.

2.2 Processo de produção das amostras

OLIVEIRA *et al.* (2015), descrevem a forma de preparo das amostras, sendo que foram pesadas diferentes quantidades de fibra, na forma triturada. Para cada quantidade de fibra, utilizou-se a menor quantidade de resina possível, para que esta cumprisse a finalidade de substância ligante e não interferisse nas medições. Após isso, a mistura foi colocada em formas, e submetidas a uma força de 15kN, a fim de prensá-las e, depois, ficaram em processo de secagem por 3 horas. A escolha pela fibra de coco na forma triturada foi decorrente dos bons resultados obtidos por esse material em seu teste como isolante acústico, para determinar o nível de absorção sonora da fibra e posterior uso em controle acústico (Albuquerque *et al.*, 2013).

A resina utilizada foi do tipo poliuretana, polímero obtido a partir da reação entre duas substâncias químicas: um polioli e um isocianato, preparada na proporção de 3:2 de Componente A (Óleos naturais modificados); e Componente B (Reagente).

Pelo processo de produção das amostras a Tab. 2 e a Fig. 3 apresentam, respectivamente, as características e a aparência das amostras escolhidas para o presente estudo. O código indica a quantidade de fibra e resina em cada amostra, nesta ordem.

Tabela 2. Identificação e constituição das amostras. Fonte:(OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Amostra	Fibra (g)	Resina	Espessura(mm)	Razão Fibra/Resina
CT-15-05 (1)	15	5	5	3,00
CT-30-13 (2)	30	15	8	2,00
CT-50-25 (3)	50	25	15	2,00
CT-100-30 (4)	100	30	28	3,33



Figura 3. Amostras confeccionadas. Fonte: (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Conforme OLIVEIRA *et al.* (2015), foram testadas quatro configurações, que continham proporções diferentes de fibra e resina. Essas amostras foram colocadas em uma porta amostra, que era revestida de poliestireno expandido (EPS)

e, com termômetros nas faces internas e externas, foi submetida a uma fonte de calor. Foram realizadas 60 medições para cada sensor, e os valores de temperatura obtidos foram armazenados no Arduino UNO vinculado a uma planilha no Excel, o qual gerou as curvas e, através da Eq. 1, obteve-se o valor médio de k.

$$q = \frac{k}{L} A (T_{SI} - T_{SE}) \quad (1)$$

Sendo que o fluxo de calor q_{ce} pode ser calculado pela equação da convecção, considerando o ambiente externo.

$$q_{ce} = h_e A (T_{SE} - T_{AE}) \quad (2)$$

O valor de h_e é constante para todo o experimento sendo igual a 8,1 W/m²·K.

Na análise dos gráficos e dos valores de k obtidos, notou-se que as amostras que possuíam menor razão fibra/resina (amostras 2 e 3) geravam um valor de k maior do que as em que a razão era maior (amostras 1 e 4), o que indica que quanto menor é a proporção de resina em relação à massa de fibra na composição da amostra, menor a condutividade. Os valores para o coeficiente de isolamento térmico (k) das 4 amostras estão dispostos na Tab. 3, sendo a amostra de código CT-15-05, a que obteve menor valor.

Tabela 3. Coeficientes de isolamento térmico (k) obtidos para as amostras. Fonte: (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Amostra	Razão Fibra/Resina	k (W/m·K)
CT-15-05 (1)	3,00	0,041
CT-30-13 (2)	2,00	0,058
CT-50-25 (3)	2,00	0,054
CT-100-30 (4)	3,33	0,041

2.3 Carga térmica

Após a escolha dos materiais para realização do projeto da câmara, fez-se necessário a indicação de toda a metodologia empregada para a determinação de sua carga térmica, para posterior definição de componentes e equipamentos necessários para atender as demandas de refrigeração. Para tal, inicialmente adotou-se a análise de carga térmica, levando em consideração os tópicos: carga pelo produto; carga por infiltração do ar externo no ambiente refrigerado; carga por transmissão de calor por paredes, teto e piso; carga devido a motores elétricos; carga por iluminação e carga por ocupação, seguindo a metodologia de (Costa, 2018).

Em concordância à essas categorias, estabeleceu-se alguns indicadores que podem aumentar ou diminuir a carga térmica total da câmara, que são: tipos de isolamento térmico; espessura do isolamento; temperatura interna da câmara; temperatura ambiente do local de instalação; fator de utilização (que identifica a forma da abertura de portas em normal ou intenso); número de pessoas (operação); tempo de permanência (horas); iluminação e seu tempo de utilização; motores (relacionado à sua potência); tempo de utilização (horas); tipo de produto a ser armazenado e temperatura de entrada.

A metodologia de Carga por Transmissão de Calor \dot{Q} por paredes, teto e piso, enfatizada neste trabalho, deve-se ao fato de ser a formulação que apresenta a troca de calor entre os ambientes interno e externo, visto que através da área (A) de paredes, teto ou piso ocorre o ganho de calor sensível, devido a grande diferença de temperatura ($T_1 - T_2$), entre esses ambientes. Além disso, é a carga onde há aplicação do coeficiente de condutividade térmica do isolante em (W/m·K) nos cálculos de transferência de calor global (U) demonstrados nas equações (3) e (4).

$$\dot{Q} = UA(T_1 - T_2) \quad (3)$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_o}} \quad (4)$$

O coeficiente global de transferência de calor (U) varia de acordo com a espessura da parede (x), com o coeficiente de transferência de calor por convecção nas paredes interna e externa (h_i e h_o , respectivamente) e o isolamento utilizado (k).

Para a obtenção dos coeficientes de transferência de calor por convecção nas paredes interna e externa da câmara fria, adota-se os valores propostos pela ASHRAE (2009), para convecção forçada sobre superfícies planas verticais e horizontais, conforme Tab. 4.

Tabela 4. Valores de h em função do local. Fonte: (ASHRAE, 2009).

Local	h (W/m ² K)
Paredes internas	8,0
Paredes externas	25,0
Piso	10,5
Forro interno	6,0
Superfícies horizontais	29,0

3. RESULTADOS

Visando a sustentabilidade, foram escolhidos painéis de aço galvanizado branco RAL-9003, pois sua utilização é indicada para esta aplicação, por possuir alta resistência à corrosão atmosférica, cerca de 2 a 4 vezes maior que os aços zincados, além de possuir melhor aspecto superficial e beleza do produto acabado (CSN, 2021). É importante ressaltar a redução da carga térmica do sistema ao utilizar aço galvanizado, devido à sua baixa absorvidade térmica, o que reduz o consumo de energia e implica no melhor funcionamento do sistema (CSN, 2021). Por esse motivo, optou-se por utilizar esse material em toda estrutura da câmara, cujas dimensões são apresentadas na Tab. 5.

Tabela 5. Dimensões e materiais da câmara.

Local	Área (m ²)	Painel Isolante	Revestimento Interno	Revestimento Externo
Paredes 1 e 3	10,56	Painel de fibra de coco e resina	Aço galvanizado branco RAL - 9003	
Paredes 2 e 4	8,87			
Teto	12,58			
Porta	1,60			
Piso	12,58	-	Estrado plástico modular	-

Pela carga por transmissão de calor por paredes, teto e piso, o coeficiente global de transferência de calor U de cada superfície foi calculado com as Eq.(3) e (4) e, considerando a diferença de temperatura entre o ambiente interno e externo como sendo 27°C, tem-se os valores das taxas de calor transmitida \dot{Q} por cada superfície, conforme Tab. 6.

Tabela 6. Parâmetros para as partes da câmara

Parâmetro	Paredes	Teto	Piso
h_i (W/m ² K)	8,00	6,00	10,50
h_e (W/m ² K)	25,00	29,00	29,00
x (m)	0,10	0,10	0,10
U (W/m ² K)	0,38	0,37	0,38
A (m ²)	38,89	12,58	12,58
\dot{Q} (W)	393,8	125,7	129,1

A soma dos valores das taxas de calor transmitida \dot{Q}_T por cada superfície é de 648,1 W, ou 0,65 kW.

Ao fazer a substituição do coeficiente de condutividade térmica do isolante da fibra de coco pelo do poliestireno, de $0,04 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ para $0,03 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, respectivamente, nos cálculos descritos anteriormente, o valor obtido para a taxa de calor transmitida por paredes, teto e piso foi de $494,6 \text{ W}$, representando uma diminuição de 24% em relação ao calculado com o coeficiente de isolamento térmico da fibra de coco. Essa diferença se dá pela eficiência térmica que o poliestireno possui, sendo considerado a melhor opção para este fim. Porém, por se tratar de um material não biodegradável, com tempo de decomposição indeterminado, e gerando impactos ambientais significativos quando descartado incorretamente (eCycle, 2010), sua utilização se torna indevida por projetos que prezam por inovação e sustentabilidade.

Utilizando-se do coeficiente de isolamento térmico (k) da fibra de coco para os cálculos, a carga térmica total calculada é de $40,04 \text{ kW}$, enquanto utilizando o k do poliestireno expandido (Isopor®), encontra-se o valor de $39,82 \text{ kW}$. Essa diminuição representa 0,55% da carga térmica total, mostrando que a fibra de coco é uma ótima alternativa ao poliestireno, para esse fim, além de todas as vantagens de sustentabilidade acarretadas.

4. CONCLUSÕES

É válido ressaltar que a escolha dos materiais para aplicação influencia diretamente na eficiência do dimensionamento. Ao aplicar painéis pré-fabricados de aço galvanizado preenchidos com os painéis de fibra de coco e resina, é possível tornar o projeto mais eficiente, pois possibilita a junção de características do aço (resistência à corrosão, melhores aspectos superficiais e visuais, por exemplo) e do isolante (baixa condutividade térmica, boa impermeabilidade e fonte sustentável).

E, por meio da metodologia empregada, concluiu-se que é de grande importância que a unidade condensadora esteja de acordo com o cálculo da carga térmica realizado, sendo a mesma de aproximadamente 40 kW . Desta forma, optou-se pela aplicação de modelo, cuja capacidade de refrigeração à temperatura de evaporação de 0°C é $53,6 \text{ kW}$ e à temperatura de -5°C é $41,8 \text{ kW}$, pois atende a carga térmica exigida, com folga para eventuais expansões. Seu mal dimensionamento implica em diversas complicações, como o congelamento das bebidas e o gasto excessivo de energia elétrica em sua alimentação. Nesse equipamento, um ponto a ser analisado visando a maior sustentabilidade do sistema em geral é a escolha do fluido refrigerante, optando pelo menos danoso ao meio ambiente, como por exemplo o HFC (hidrofluorcarboneto) R134a.

Análises futuras podem considerar uma análise mais aprofundada da participação da resina, empregada na produção das amostras, no valor do coeficiente de isolamento térmico encontrado, visando comparar diferentes tipos e quantidades. Outro ponto interessante de estudo é o gasto de energia elétrica da câmara, visando aplicar meios de diminuir esse gasto,

REFERÊNCIAS

- Abu-Jdayil, B., Mourad, A.-H., Hittini, W., Hassan, M., and Hameedi, S. (2019) Traditional, state-of-the-art and renewable thermal building insulation materials: An overview. *Construction and Building Materials* **214**: 709–735.
- Albuquerque, I.V., Chaves, R.C.F., Oliveira, W.L., Silva, L.O., Souza, P.M. de, and Xavier, A.A.B. (2013) Determinação do Nível de Absorção Sonora de Amostras Constituídas por Diferentes Tipos de Fibra de Coco através de um Tubo de Impedância. *Revista de Iniciação Científica Newton Paiva 2012/2013 Belo Horizonte: Centro Universitário Newton Paiva* v. **13**: 172.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.635 - *Serviços de alimentação — Requisitos de boas práticas higiênico-sanitárias e controles operacionais essenciais*, 2015.
- ASHRAE (2009) Handbook of Fundamentals, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc. .
- Costa, W.L.T. (2018) Dimensionamento de câmara fria para lojas de conveniência de Postos de Combustível. .
- CSN (2021) Galvalume®. *CSN - Companhia Siderúrgica Nacional* <https://www.csn.com.br/homepage/acos-planos/galvalume/>.
- eCycle (2010) Isopor é útil, mas tem grande impacto ambiental. <https://www.ecycle.com.br/eps-isopor/>.
- Mendes, J.U. de L. (2000) A Fibra do Côco Como Isolante Térmico. In *SIENTEX - 1º Simpósio Internacional de Engenharia Têxtil*. Natal, RN.

Navroski, M.C., Lippert, D.B., Camargo, L., Pereira, M. de O., and Haselein, C.R. (2010) Avaliação do isolamento térmico de três diferentes materiais usados na construção e preenchimento de paredes externas. *Revista Ciência da Madeira* **1**: 41–51.

Nejeliski, D.M., Duarte, L. da C., and Ferreira, É.D.S. (2020) Painéis isolantes térmicos produzidos com resíduos agrícolas. *MIX Sustentável* **7**: 47–60.

Notarianni, F. (2014) Elaboração de banco de dados de materiais isolantes térmicos não convencionais. <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/17385>.

OLIVEIRA, W.L., XAVIER, A.A.B., SOUZA, P.M. de, CHAVES, R.C.F., and SILVA, L.O. (2015) Determinação do coeficiente de condutividade térmica de compósitos constituídos a partir da fibra de coco. In *VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*. Porto Alegre, RS.

Panyakaew, S., and Fotios, S. (2011) New thermal insulation boards made from coconut husk and bagasse. *Energy and Buildings* **43**: 1732–1739.

Santos, R. D. *Estudo térmico e de materiais de um compósito à base de gesso e EPS para construção de casas populares*. 2008. Dissertação - UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN., 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/15563>>

Silva, L.C.F; Mendes, J.U.L; Ladchumananandasivam, R. (2000) Análise das propriedades mecânicas e térmicas de tijolos solo-cimento com e sem adição do pó da fibra de coco. In *Congresso Nacional de Engenharia Mecânica*. UFRN, Rio Grande do Norte.

Stoecker, W.F., and Jabardo, J.M.S. (2018) *Refrigeração industrial*. 3a ed., Blucher, São Paulo, SP.