

# Novo Mini-Refrigerador Portátil I: Projeto e Execução da Estrutura e Condensador

Sidnei Bekon<sup>1</sup>, Alef Scholze<sup>1</sup>, Darllan Lilla Rohrbacher<sup>1</sup>, Elton Antunes de Oliveira<sup>1</sup>, Diego Alves de Miranda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE),  
CEP 89.288-385 - São Bento do Sul, SC - Brasil.

[sidnei.bekon@gmail.com](mailto:sidnei.bekon@gmail.com), [alef.scholze@edu.sc.senai.br](mailto:alef.scholze@edu.sc.senai.br),  
[darllan98@hotmail.com](mailto:darllan98@hotmail.com), [eltonoliveira03@hotmail.com](mailto:eltonoliveira03@hotmail.com),  
[diegoalves\\_klx@hotmail.com](mailto:diegoalves_klx@hotmail.com)

**Resumo.** *Atualmente a refrigeração é indispensável na vida do ser humano, atua desde a conservação de alimentos até a climatização de ambientes. Os modelos de mini refrigeradores do mercado não possuem um tamanho compacto a ponto de serem de fácil transporte, com base nisto, este artigo apresenta a elaboração do projeto e construção de um mini refrigerador portátil. Consequentemente apresenta um estudo teórico e prático dos conceitos fundamentais sobre refrigeração e funcionamento de um refrigerador. Como todo o projeto conceitual demonstra-se complexo, as atividades foram designadas em etapas. Este estudo busca especificamente o enfoque em dois de seus componentes, a estrutura do projeto e o condensador, que é a parte responsável pelo resfriamento do fluido refrigerante. Com a idealização do projeto e a fabricação destas duas partes, será possível realizar a montagem com os demais componentes resultando no produto final: um mini refrigerador portátil, com um volume interno de 60,26 litros, capacidade de refrigeração até a temperatura de 0 °C, com um design compacto e baixo custo de fabricação.*

**Palavras Chave:** Condensador, Mini-refrigerador, Refrigeração.

## Introdução

A refrigeração é primordial nos dias atuais e se torna foco de estudo em vários aspectos como em eficiência e economia, para isso profissionais da área de engenharia precisam compreender muito bem todo o sistema para desenvolver melhorias sobre ele. Ideias de refrigeração já existiam desde quando os homens das cavernas utilizavam gelo para refrescar o ambiente que estavam ou para resfriar as bebidas que consumiam, conforme o desenvolvimento das civilizações outras ideias foram surgindo. De acordo com Wirz (2011) James Harrison foi o responsável em desenvolver um equipamento de refrigeração por compressão mecânica e somente em 1918 que surgiu o primeiro refrigerador elétrico. A refrigeração é o processo de remoção de calor de onde ele não é desejado. Esse processo permite muitos benefícios como a obtenção de temperaturas agradáveis em ambientes e a conservação de alimentos por períodos mais longos preservando sua qualidade e sabor (MILLER, 2019).

Os refrigeradores são responsáveis pelo resfriamento de bebidas e alimentos, existem vários modelos no mercado para diferentes aplicações e temperaturas, podendo ser classificados nas categorias doméstica, comercial e industrial. As faixas de temperaturas variam de -8 °C a -18 °C para o compartimento de congeladores e +2 °C a +7 °C no compartimento de resfriados (FERRAZ, 2008). Para ocorrer a refrigeração existem os ciclos de refrigeração, o principal usado em refrigeradores é o ciclo por compressão de vapor que consiste na compressão e expansão de um fluido num sistema fechado, fazendo com que este evapore, absorvendo calor e condense, liberando calor, fazendo isso em ambientes diferentes (GENIER *et al*, 2013). Este ciclo é composto por

quatro componentes principais condensador, evaporador, compressor e válvula de expansão (CAJAMARCA, 2016; COSTA 1982). Alguns projetos relacionados a mini refrigeradores já foram desenvolvidos por profissionais de engenharia, pode-se destacar o projeto onde Seelent (2011) desenvolveu um refrigerador de bebidas de alto rendimento com a potência de 960 W, conseguindo esfriar de 28 °C para 0 °C, 24 garrafas de 600 ml em um hora e vinte minutos. Também um mini refrigerador foi desenvolvido por Teixeira *et al.*, (2007) para fins educacionais, ele aplicou todos os conceitos estruturais de um refrigerador comum em relação a isolamento, mas utilizou pastilhas de Peltier para a refrigeração em substituição ao ciclo de compressão por um fluido.

Partindo destes conceitos fundamentais, o objetivo foi desenvolver um projeto e construir um mini refrigerador convencional, para isso optou-se por um tamanho compacto, leve e com um baixo custo/benefício com o desejo final de resfriar bebidas armazenadas em latas a uma temperatura relativamente baixa em relação a do ambiente, mas agradável para o consumo humano. Os diferenciais deste mini refrigerador serão o tamanho menor em relação aos equipamentos já existentes no mercado, facilitando o transporte, alta capacidade de refrigeração, o baixo custo e a utilização do MDF como isolante, material não empregado para equipamentos de refrigeração. O projeto se inicia com o auxílio de software, desenhando um escopo para pré-visualização, levantamento dos materiais necessários e dimensionamento dos componentes, em seguida aquisição dos materiais, construção, montagem e testes finais. Após o funcionamento avaliar o resultado, levantando os pontos que foram acertados e o que poderia ter sido projetado diferente para um melhor funcionamento.

### Ciclo de Compressão a Vapor

Em equipamentos de refrigeração o ciclo mais utilizado para resfriar é o de compressão mecânica de vapor, composto por quatro componentes principais, o evaporador, condensador, válvula de expansão e compressão consiste num ciclo fechado onde através de um fluido acontece o resfriamento (Figura 1).

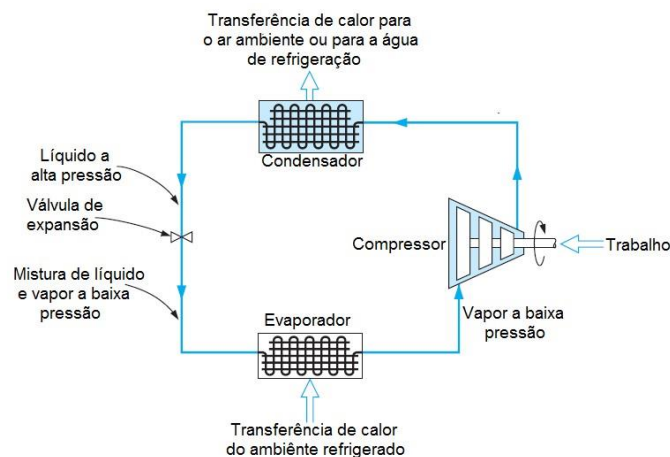


Figura 1. Ciclo de refrigeração (Borgnakke e Sonntag, 2009)

Segundo Gênier *et al.*, (2013) seu funcionamento se baseia na mudança de estado do fluido através da variação de pressão e temperatura. O fluido entra no evaporador a baixa pressão e temperatura, assim absorve calor e passa para o estado de vapor, esse vapor é bombeado pelo compressor e comprimido, tornando vapor superaquecido, em seguida passa ao condensador que dissipa o calor do fluido para o ambiente, diminuindo sua temperatura e o condensando, o fluido líquido sai condensador e passa pela válvula de expansão onde tem a pressão reduzida antes de entrar no evaporador e iniciar um novo ciclo.

## Condensador

O condensador é o componente responsável em transferir o calor do fluido refrigerante para o meio de resfriamento, segundo Muller (2019) ele deve receber o vapor superaquecido do compressor, resfriar até a temperatura de condensação e depois condensá-lo. Existem vários modelos de condensadores, mas nos refrigeradores eles são em tubos e refrigerados a ar, onde um ventilador sopra sobre a serpentina para aumentar a capacidade de resfriamento. A Figura 2 representa o esquema de um condensador utilizado em refrigeradores.

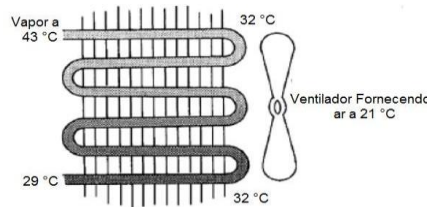


Figura 2. Esquema de um condensador (Adaptada de Miller, 2019).

## Temperatura e Calor

Temperatura e calor são propriedades termodinâmicas da matéria. Segundo Wirz (2011), a temperatura de uma substância expressa o seu estado térmico, o quanto ela poderá trocar de energia com outra substância, mede o grau de agitação de suas moléculas, é a medida de quente ou frio em uma escala e calor é a quantidade de energia necessária para causar a mudança de agitação das moléculas da substância, existe o calor sensível que é o responsável em mudar a temperatura sem mudar o estado da substância e o calor latente que muda o estado da substância sem mudar a temperatura. O cálculo da quantidade de calor para mudar a temperatura de uma substância é descrito por (WIRZ, 2011):

$$Q = mc_p\Delta T \quad (1)$$

Onde Q é a quantidade de calor (J), m é massa total da substância (kg),  $c_p$  é calor específico da substância ( $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ) e  $\Delta T$  é variação de temperatura (K). Verificando a equação, conhecendo a massa, o calor específico e a variação de temperatura desejada, conseguimos calcular o calor necessário para efetuar essa mudança.

## Perda de calor

Existem três formas de perda de calor, a condução, convecção e radiação. Para o caso do refrigerador aplicamos somente duas formas: a condução e convecção, essas trocas acontecem na estrutura, condensador e evaporador.

Condução é a transferência de calor de uma região a alta temperatura para outra de baixa temperatura, isso dentro de um meio estacionário, podendo ser sólido, líquido ou gasoso (MILLER, 2019). Isso ocorre devido a interação entre as moléculas devido ao contato direto entre elas. A Lei de Fourier apresenta esse princípio através da equação 2 segundo Incropera (2008) para calcular a taxa de transferência de calor para os casos de paredes planas:

$$\dot{q} = kA \frac{dx}{dt} \quad (2)$$

Onde  $\dot{q}$  é a taxa de transferência de calor (W), k é a condutividade térmica do material ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ), A é área do plano, perpendicular ao sentido do fluxo ( $\text{m}^2$ ) e  $\frac{dx}{dt}$  que é variação de temperatura com a distância ( $\text{K}\cdot\text{m}^{-1}$ ). Nos casos onde existe camadas de paredes com diferentes materiais, a taxa de transferência de calor é calculada pela razão entre a diferença de temperatura e a resistência total da parede, para isso se faz analogia a resistência elétrica, se estas camadas estão associadas em série a resistência total é a soma das resistências, portanto as equações são (INCROPERA, 2008):

$$\dot{q} = \frac{-\Delta T}{Rt} \quad (3)$$

$$Ri = \frac{x_i}{k_i A_i} \quad (4)$$

$$Rt = R_i + R_j + R_k \dots \quad (5)$$

Onde  $x_i$  é a espessura da camada (m),  $R_t$  é resistência total ( $K.W^{-1}$ ),  $R_i$  é resistência local ( $K.W^{-1}$ ). Quando existe trocas de calor por condução em um tubo cilíndrico, a Lei de Fourier se modifica para atender essa geometria e se calcula a taxa através de (INCROPERA, 2008):

$$\dot{q} = -\Delta T \left[ \frac{2\pi kL}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \right] \quad (6)$$

Onde  $L$  é comprimento do tubo (m),  $r_1$  é raio interno do tubo (m),  $r_2$  é raio externo do tubo (m). Convecção é o fenômeno de troca de calor devido a diferença de temperatura entre uma superfície e um fluido em movimento, pode ser forçada quando se cria um movimento no fluido ou natural quando o movimento do fluido acontece devido a diferença de densidade causada pela diferença de temperatura (MILLER, 2019). Segundo Incropera (2008), a taxa de transferência de calor por convecção é calculada como:

$$\dot{q} = hA\Delta T \quad (7)$$

Sendo  $h$  o coeficiente de transferência de calor por convecção ( $w.m^{-2}.k^{-1}$ ).

### Isolante Térmico

Para um refrigerador ser eficiente é necessário que sua estrutura tenha o mínimo de troca de calor para o meio, essa troca deve ser reduzida ao máximo. Isso é possível somente com o uso de isolantes térmicos, que tem a função de proteger um ambiente quente ou refrigerado das trocas térmicas, isso acontece devido a característica do material denominada condutividade térmica, representado pela letra “k”, esse coeficiente é uma propriedade física dos materiais e indica a capacidade de conduzir calor entre duas áreas em temperaturas diferentes. A tabela 1 apresenta a condutividade térmica de alguns materiais isolantes.

**Tabela 1. Condutividade Térmica de Alguns Materiais**

Material	Condutividade Térmica (W/m.k)
Tijolo	0,4 - 0,8
Fibra de vidro	0,046
Espuma de Poliestireno	0,033
Isopor	0,032
Espuma de Poliuretano	0,02

(Adaptada de Incropera, 2008).

Esses isolantes segundo Quites (2005) geralmente têm ar aprisionado em pequenas cavidades de sua estrutura sólida de modo a evitar sua movimentação, diminuindo a convecção.

### Fluxograma de Construção

Conforme a Figura 3, o projeto se inicia com uma ideia inicial e um desenho do esboço a mão, define-se os materiais que serão necessários e adquire-se todos, em paralelo para o artigo se elabora o título, resumo, palavras-chave, introdução, lista de materiais e também um desenho em CAD do projeto com detalhamento. Com os materiais em mãos,

constrói-se a estrutura com o isolamento e revestimento externo, finalizando a estrutura principal, fixa-se os demais componentes estruturais como a porta e finaliza o acabamento interno. No artigo é incluído metodologias teóricas e as equações que serão necessárias para obtenção de dados numéricos para o mini-refrigerador. Para finalizar a construção, se fixa todos os componentes de refrigeração com a carga de fluido refrigerante, assim já e possível fazer testes e obter informações para os cálculos do artigo que são realizados de acordo com as equações obtidas da literatura. Por fim, analisa-se a refrigeração real com os dados calculados, se necessário realizar ajustes, faz a conclusão do artigo e realiza a entrega do produto pronto com o artigo.

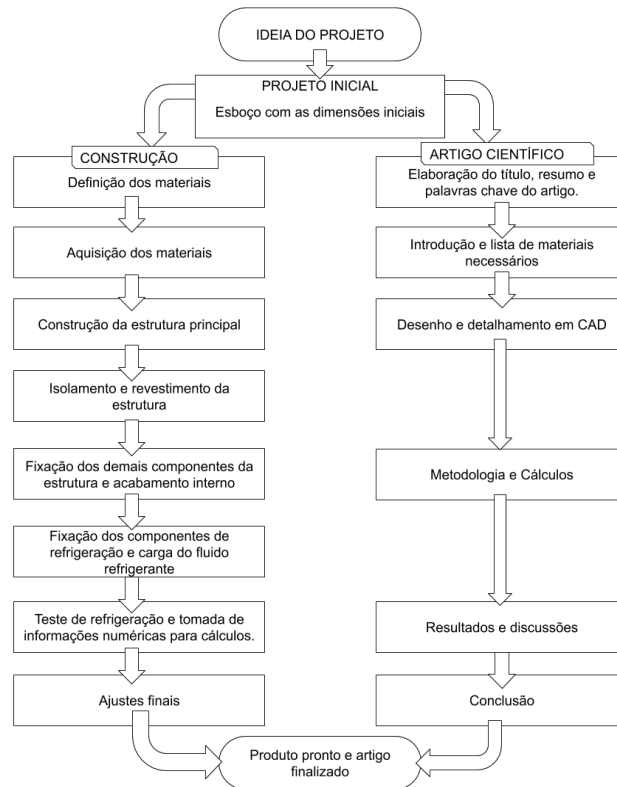


Figura 3. Fluxograma de construção. (Fonte Primária, 2019).

### Detalhamento do Projeto em CAD

Para uma visualização do projeto antes de confeccioná-lo, foi feito um desenho em CAD (*Computer Aided Design*) de cada componente e do projeto completo. A figura 4, apresenta uma vista explodida de todo o projeto do novo mini refrigerador portátil.

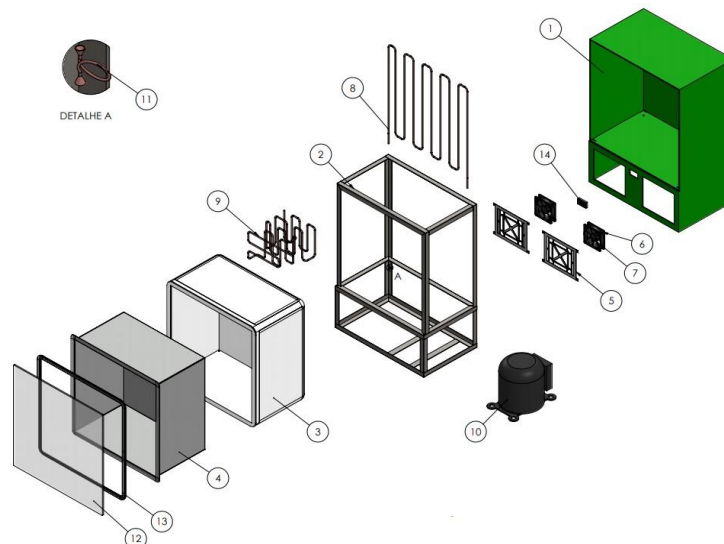


Figura 4. Vista explodida do projeto. (Fonte Primária, 2019).

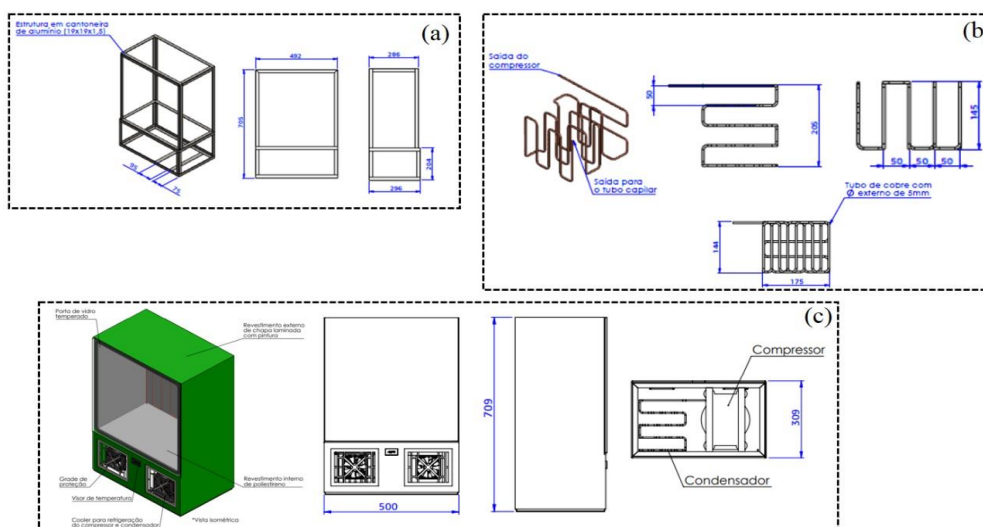
A Figura 4 apresenta o projeto numa vista explodida, demonstrando todos seus componentes apresentados pela numeração e descrição conforme tabela 2.

**Tabela 2. Lista dos componentes do novo mini-refrigerador portátil**

Número	Descrição	Número	Descrição
1	Revestimento Externo	8	Evaporador
2	Estrutura Metálica	9	Condensador
3	Isolante Térmico	10	Compressor
4	Revestimento Interno	11	Tubo Capilar
5	Grade de proteção	12	Porta de vidro temperado
6	Suporte da Ventoinha	13	Borracha de vedação
7	Ventoinha	14	Visor de Temperatura

(Fonte Primária, 2019)

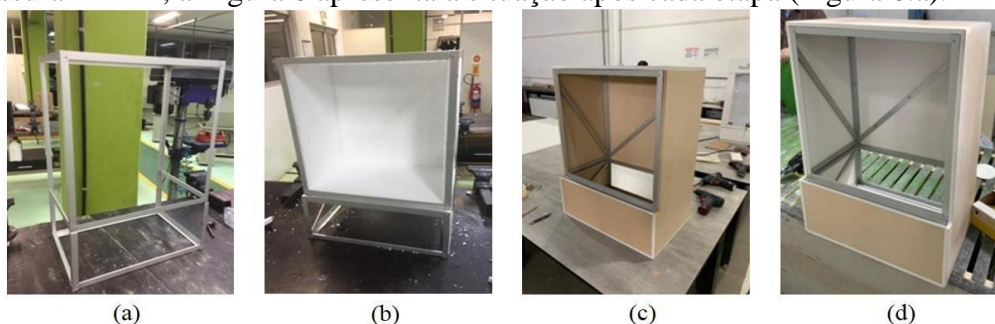
A representação das medidas do projeto é complementada na Figura 5.



**Figura 5. Principais medidas do Projeto. a) Estrutura principal e condensador. b) Condensador. c) Caretagem (Fonte Primária, 2019).**

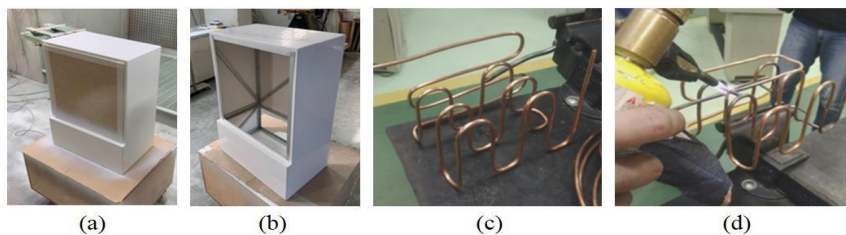
## Etapas de Construção

A construção do projeto se iniciou pela montagem da estrutura principal, confeccionada pelas barras de alumínio e fixadas com rebites, em seguida foi inserido o isolamento de poliestireno de 18mm e revestido externamente com a chapa de MDF de espessura 12 mm, a Figura 6 apresenta a situação após cada etapa (Figura 6.a).



**Figura 6. Estrutura Principal do Mini Refrigerador portátil. a) Estrutura de Alumínio, b) Isolamento Térmico Interno de Isopor. c) Revestimento Externo de MDF. d) Montagem. (Fonte: Primária, 2019).**

Após o revestimento, foi realizado um acabamento na superfície em geral, principalmente nas junções dos cantos para evitar perdas de calor e posteriormente uma pintura e polimento geral na cor branca, conforme demonstrado na Figura 7.a e 7.b.



**Figura 7. Demais etapas de construção. a) Carenagem após pintura e polimento. b) Carenagem após o polimento. c) Dobragem do Condensador. d) Soldagem do Condensador (Fonte: Primária, 2019).**

A confecção do condensador foi partindo do tubo de cobre inicial com 5 metros de comprimento, conforme o desenho em CAD, realizado as dobras manualmente com auxílio de algumas ferramentas para chegar ao formato desejado (Figura 7.c) e a solda de cobre com maçarico para união das pontas com os demais componentes do circuito, o formato do condensador final está representado na Figura 7.d.

### Resultados e Discussões

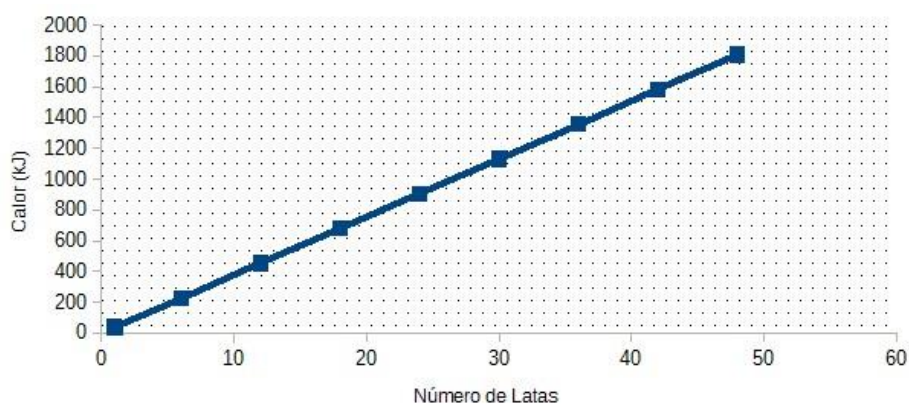
O princípio da refrigeração é retirar calor de um espaço onde não é desejado e lançar em outro, por isso precisamos conhecer a quantidade de calor que precisaremos retirar do interior do refrigerador, para isso considera-se toda a carga que será colocada com a sua respectiva temperatura inicial

### Carga Térmica do Interior

O presente refrigerador possui a capacidade total de 60,26 litros, podendo armazenar 48 latas de cerveja de 350 mL, gerando um total de 16,8 litros de líquido e como cada lata tem uma massa de alumínio de 0,0145 kg, temos o total de 0,696 kg de alumínio referente as latinhas. Segundo Seelent (2011) o calor específico da cerveja é  $4,27 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$  e a densidade  $1.000 \text{ kg.m}^{-3}$ , para o alumínio o calor específico é  $0,92 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$ .

Os valores de temperatura serão considerados  $25\text{°C}$ , considerada a temperatura ambiente como início e  $0\text{°C}$  como a temperatura desejada final de refrigeração. Utilizando a equação 1 a quantidade de calor total por lata é 37,696 kJ, assim para a carga máxima no interior teremos de 1.809,408 kJ. O gráfico 1 apresenta os valores da quantidade de calor relacionando a quantidade de latas e quantidade de calor, visto que não necessariamente poderemos ter a carga máxima.

**Gráfico 1. Quantidade de calor x número de latas**



(Fonte Primária, 2019)

### Taxa de Transferência de Calor

O parâmetro principal que influencia nessa taxa é a condutividade térmica do material, a condutividade do poliestireno está contida na Tabela 1, do vidro segundo Meusel *et al.*, (2015) é 0,9 e da chapa de madeira segundo Almeida (2013) é 0,17.

Com esses valores e utilizando as equações 3, 4 e 5, calcula-se a resistência de cada material, a resistência total e considerando a diferença de temperatura de 25°C, obtém-se a taxa das paredes, já com a equação 2 obtém-se a taxa de transferência de calor da porta de vidro, a soma das duas apresenta a taxa total. Os valores calculados são apresentados nas Tabelas 3 e 4.

**Tabela 3. Dados do isolamento e revestimento**

Material	Condutividade Térmica (w/m.k)	Espessura (m)	Área total (m <sup>2</sup> )	Resistência (k/w)	Resistência Equivalente (k/w)
Chapa de Poliestireno	0,033	0,018	0,822	0,66357	0,7675291
Chapa de Madeira	0,17	0,012	0,679	0,1039591	
Vidro da Porta	0,9	0,004	0,25	0,0177778	0,0177778

(Fonte primária, 2019)

**Tabela 4. Taxa de transferência de calor por condução**

Taxa de Transferência de Calor (w)	
Paredes	32,57
Porta	1406,25
Total	1438,82

(Fonte primária, 2019)

O tubo utilizado para a construção é de cobre de condutividade térmica segundo Incropera (2008) de 401 w.m<sup>-1</sup>.k<sup>-1</sup>, com diâmetro externo de 6,35 mm, espessura da parede de 0,8 mm e comprimento total utilizado de 5 m. A tabela 5 apresenta os valores do cálculo.

**Tabela 5. Taxa de transferência de calor por condução no condensador**

Descrição	Valor Referente
Raio Externo (m)	0,003175
Raio Interno (m)	0,002375
Condutividade térmica (w/m.k)	401
Comprimento (m)	5
Variação de temperatura (°C)	25
Taxa de transferência de Calor (kW)	1.084,86

(Fonte Primária, 2019)

Ressaltamos que 1.084,86 kW é a taxa de transferência máxima que pode acontecer no tubo de cobre do condensador, mas esse valor não será alcançado devido a taxa de transferência de calor possível por convecção do ar, o qual é o meio de resfriamento deste componente, deste valor podemos afirmar que a diferença de temperatura entre o interior do tubo e o exterior será próximo de zero, portanto consideramos a temperatura externa no condensador a mesma do interior. Para convecção calculamos a taxa pela equação 7, o ponto principal para este cálculo é o valor do coeficiente de transferência de calor por convecção do ar, o valor de h, este depende da velocidade do ar que escoar sobre o tubo, segundo Almeida (2018) adota-se o valor de 1,6 w.m<sup>-2</sup>.k<sup>-1</sup> para convecção natural do ar e quando a velocidade do ar for superior a 25 km.h<sup>-1</sup> deve-se adotar o valor de 6 w.m<sup>-2</sup>.k<sup>-1</sup>, portanto como será convecção forçada sobre o condensador adotamos o maior valor para os cálculos. Assim a área total do condensador é calculada considerando uma superfície cilíndrica, temos 0,0997 m<sup>2</sup>, a diferença de temperatura considerada é 25 °C, chegando numa taxa de transferência de calor por convecção no condensador de 14,955 W.



## Custo de Fabricação

Para a fabricação da estrutura e do condensador do mini refrigerador foi necessário a aquisição de vários materiais alguns com custo baixo e outros mais elevados. A Tabela 6 mostra a relação de materiais e seus respectivos valores fazendo um comparativo com um mini refrigerador desenvolvido por Seelent (2011), mesmo não sendo materiais semelhantes, demonstra que para um mesmo objetivo pode-se ter valores muito diferentes. Nota-se que o custo para produzir o mini refrigerador portátil é de R\$ 649,07, isto por que alguns itens foram provenientes de doação, mesmo assim representam cerca de 67 % de economia de fabricação.

**Tabela 6. a) Custo de fabricação mini refrigerador próprio; b) Custo de fabricação mini refrigerador de Seelent.**

CUSTO PARA FABRICAÇÃO (a)		CUSTO PARA FABRICAÇÃO (b)	
Material	Valor	Material	Valor
Chapa de Isopor	R\$ 24,00	Chapas de aço inox	R\$ 280,00
Cantoneira de Alumínio CT003	R\$ 18,90	Chapas de aço carbono	R\$ 190,00
Barra chata de alumínio	R\$ 9,75	Tubos de aço	R\$ 50,00
Cantoneira de Alumínio CT008	R\$ 56,95	Aluguel de máquinas e equipamentos	R\$ 200,00
Rebites	R\$ 12,00	Mangueira flexível para o dreno	R\$ 6,00
Termômetro Digital	R\$ 42,00	Tinta, fundo primer, solvente, lixa	R\$ 130,00
Tela de Proteção	R\$ 10,00	Adesivo	R\$ 15,00
Borracha de vedação	R\$ 15,00	Borracha de vedação da porta	R\$ 50,00
Tubo de Cobre	R\$ 110,00	Pezinhos do refrigerador	R\$ 10,00
Cooler	R\$ 30,00	Filtro secador ¼ x 10	R\$ 9,60
Dobradiças	R\$ 12,00	2 porcas ¼	R\$ 2,90
Fonte 12 V	R\$ 15,00	Porca de metal ½	R\$ 2,55
Vidro	R\$ 40,00	Porca de metal 3/8	R\$ 1,90
Chapa de MDF	R\$ 34,10	Luva redução 5/8 para 3/8	R\$ 1,90
Pintura Externa	R\$ 203,37	1,1 metro de tubo ¼	R\$ 5,50
Cabo de energia	R\$ 16,00	2 metros de tubo 3/8	R\$ 14,00
TOTAL	R\$ 649,07	Plug macho	R\$ 4,00
		Condutores de cobre	R\$ 16,00
		Disjuntor 10 ampères	R\$ 17,00
		2 contadores	R\$ 56,00
		Controlador de temperatura	R\$ 172,00
		7,825 kg de poliuretano	R\$ 97,82
		Unidade condensadora	R\$ 649,00
		TOTAL	R\$ 1.981,17

(a) Fonte Primária, 2019; (b) Adaptado de Seelent, 2011.

## Conclusões

O estudo apresentado neste artigo abordou teoria e prática de conhecimento em refrigeração, através disso construiu-se um mini refrigerador com propósito de refrigerar cerveja, podendo ser utilizado para outros produtos, visando um ótimo desempenho de refrigeração, custo baixo de fabricação e dentro dos fundamentos teóricos. A construção do mini refrigerador desde o projeto inicial até a conclusão e resultados, proporcionou a toda equipe grande conhecimento sobre o ciclo de refrigeração, trocas térmicas e isolamento. Detalhes importantes observados foram a real necessidade de isolamento térmico, sem ele a eficiência de refrigeração fica menor, assim como o dimensionamento correto do condensador que é responsável em dissipar o calor do fluido refrigerante para o meio externo, por isso precisa ter uma área externa adequada para que o fluido condense totalmente no seu interior.

Os resultados com o mini refrigerador construído foram muito satisfatórios, ficou compacto, de fácil transporte, com uma boa capacidade de carga interna, alcançou a refrigeração desejada de próximo 0°C. Levando em consideração todos os custos para fabricação, o valor final ficou alto para o modelo construído comparando com os comerciais. A partir deste modelo alguns diferenciais tecnológicos poderiam ser inseridos como o controle da temperatura por controle remoto, a utilização de sensores ou sinal luminoso como alerta de baixo conteúdo interno, necessitando reposição e até mesmo um sistema que apresente o perfil de refrigeração baseando-se em temperatura e consumo. Alguns pontos que merecem melhorias futuras nos componentes que foram construídos são a troca térmica com o meio externo, no caso a porta ficou com um isolamento muito baixo devido ser somente uma camada de vidro, a perda de calor ficou muito alta nessa área, também verificar outros materiais para a parede visando redução de custo e uma análise mais detalhada do condensador para reduzir tamanho, custo e melhorar a eficiência na troca de calor.

## Referências

- Almeida, D. W. S.; (2018). Refrigerador de líquidos móvel solar. Niterói, Rio de Janeiro.
- Almeida, J. A.P.L.D.; (2013); Análise do comportamento térmico de paredes de madeira; Itapeva; São Paulo.
- Borgnakke, C.; Sonntag, R. E. Fundamentos da Termodinâmica. 7ed. Jhon Wiley. 2009.
- Cajamarca, I. M. M.; Jaramillo. B. A. R. (2016). Instrumentacion de un refrigerador doméstico para la toma de datos de presion y temperatura. (Trabalho de Conclusão de Curso) UPS. Cuenca. Equador.
- Costa, E.C. da. (1982). Refrigeração. 3ª ed. 10ª reimpressão, 2013. São Paulo. Editora Edgard Blucher Ltda.
- Ferraz, F. (2008). Apostila de Refrigeração. CEFET. Santo Amaro. Bahia.
- Genier, F. S.; Costa, A. S. da; Costa Junior, E. F. da. (2013). Ciclos de Refrigeração: conceitos e estudos de eficiência. Enciclopédia Biosfera, Alegre, Brasil.
- Incropera, F. P.; Fundamentos de transferência de calor e de massa; Rio de Janeiro; LTC; 2008.
- Meusel, M. V; Westphal, F. S.;(2015); Impacto do vidro no conforto térmico de usuários e no consumo de energia em ambientes típicos de escritórios. Passo Fundo; Rio Grande do Sul.
- Miller. R.; Miller. M. R. (2019). Ar-condicionado e Refrigeração. 2. ed. Rio de Janeiro. LTC.
- Quites, E. E. C.; Lia, L. R. B.; Introdução à transferência de calor. São Paulo: Unisanta, 2005.
- Seelent, J. J.; (2011). Refrigerador de bebidas de alto rendimento. (Trabalho de conclusão de curso). UTFPR. Medianeira.
- Teixeira, C. A.; Leal, A. B.; Zanicoski, B. P. da S. (2007). Concepção de um minirefrigerador peltier para uso como ferramenta no ensino de engenharia. COBENGE.
- Wirz, D. (2011). Refrigeração comercial para técnicos em ar condicionado. Cengage Learning. São Paulo.
- Fonte Tabela 1: <[https://www.fisica.net/constantes/condutividade-termica-\(k\).php](https://www.fisica.net/constantes/condutividade-termica-(k).php)>  
Acesso em: 24 de abril de 2019.