

# DESTILADOR DE BAIXO CUSTO PARA USOS GERAIS

Mirco Ragni,\* Toni Almeida,\* and José Souza\*

*Laboratório de Exobiologia e Condições Extremas,  
Universidade Estadual de Feira de Santana,  
44036-900, Feira de Santana, Bahia, Brazil*

O processo de destilação consiste na separação dos componentes mais voláteis de uma mistura, de modo a se reutilizar os mesmos para outros fins. Exemplos práticos do dia a dia são a destilação de bebidas alcoólicas para consumo, ou outros usos alimentares, e a de petróleo, que é utilizado para produção de combustíveis. Basicamente existem dois tipos de destilação, a simples e a fragmentada. A primeira é particularmente eficiente para separar o solvente (tipicamente líquido a temperatura ambiente) dos solutos (tipicamente sólidos a temperatura ambiente), uma vez que apenas o líquido participa do processo de ebulição durante o aquecimento. Já a fragmentada, separa um líquido de uma mistura de líquidos. Isto é possível pelo fato de que os componentes da miscela possuem pontos de ebulição diferentes. Uma importante aplicação da destilação é a obtenção de água destilada, muito utilizada em laboratórios e para fins medicinais. Garantir um bom nível de pureza da água após o processo de destilação e que o próprio material do destilador não contamine significativamente a água não é algo trivial. Um destilador, mesmo o mais simples, requer um alto custo de aquisição e muitas comunidades carentes não têm acesso a esse tipo de tecnologia. O difícil acesso à água pura, seja para fins alimentícios ou medicinais, acaba sendo uma realidade para muitas pessoas. Com base em quanto exposto, neste trabalho é descrito o processo de montagem de um destilador simples de baixo custo que faz uso de materiais descartados ou de acesso relativamente simples. Tudo isso visando a obtenção de água livre de poluentes e apropriada para uso médico e alimentício (tal qual um método estabelecido na literatura [1]). Para a construção do cilindro de condensação foram usados tubos de vidro das lâmpadas fluorescentes a vapor de mercúrio oportunamente descontaminadas. Os suportes dos canos de vidro foram projetados ao computador com CAD 3D e realizados por meio de impressora 3D enquanto como caldeira é usada uma panela de pressão.

**Palavras Chave:** Destilador, Material Reciclado, Impressora 3d.

The distillation process

**Keywords:** Distillator, Recycled Materials, 3D printer

## I. INTRODUÇÃO

### A. Problema

É sabido que a água potável é uma coisa essencial para a vida, contudo alguns lugares não possuem fornecimento de água tratada, dificultando a vida das pessoas e animais que vivem no local. A ideia de criar um destilador nasceu da preocupação de fornecer água potável a esses grupos. A água destilada de certa forma é imprópria para o consumo, pois não possuem os

---

\* mirco@uefs.br

minerais necessários para a nutrição humana, coisa que pode ser arranjada com uma nutrição rica em minerais ou re-adicionando os minerais à água. Além disso a água é própria para a higiene em geral.

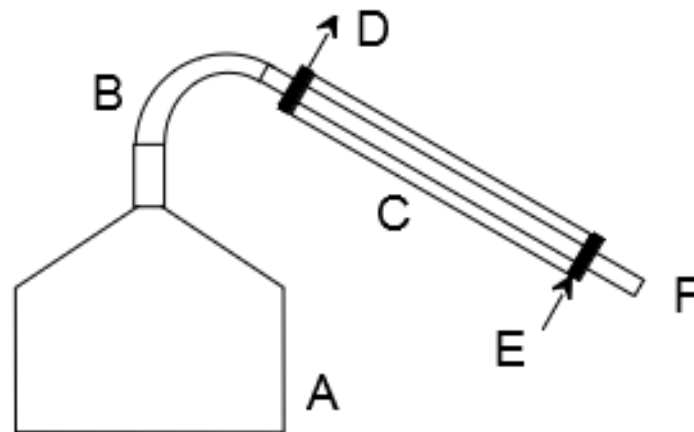


Figura 1. Esquema do destilador proposto. Ver texto principal para os detalhes

## B. Destilação

A destilação consiste no processo de remoção de substâncias voláteis do líquido base. Existem vários tipos de destilação, a realizada pelo equipamento produzido é a chamada destilação simples, onde a substância na qual se tem o interesse de destilar é colocada em um frasco, esse é aquecido até a temperatura de ebulição da substância que se deseja separar (Uma discussão detalhada sobre os processos de destilação e cálculos envolvidos pode ser adquirida em [2]). O vapor da substância atinge o tubo do condensador onde vai diminuir sua temperatura assim passando do estado gasoso para o líquido, que pode ser armazenado e utilizado.



Figura 2. Tubo montado. Na foto são visíveis os dois tubos (interno e externo), e o espaço entre eles para a circulação do líquido de refrigeração

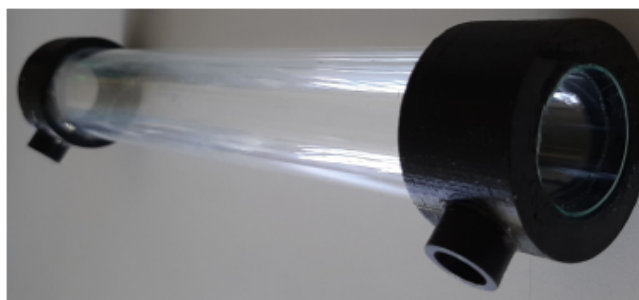


Figura 3. Junto de conexão entre tubo interno e externo realizada com impressora 3D. Em evidência o furo para o ingresso e saída do líquido de refrigeração

## II. PROJETO DO DESTILADOR

O destilador proposto neste trabalho usa materiais de baixo custo facilmente encontrados no mercado e sucata. O esquema na Figura 1 mostra os principais detalhes do projeto. Na imagem, com a letra A é indicada a caldeira onde é feita evaporar a água. Após pesquisa, foi decidido usar uma caldeira comercial de um cuscuzeiro com volume de um litro. A letra B indica o tubo de junção em cobre entre caldeira A e tubo de refrigeração C ou condensador. A vedação é garantida por meio de cortiça. A letra F indica a saída do condensado e de eventuais gases (in-condensáveis) presentes no líquido da caldeira. Com as letras D e E são indicadas as junções projetadas no computador por meio do CAD denominado *tinkercad* [3] e realizadas sucessivamente com impressora 3D (ver Figura 2). Estas junções, além de fixar os tubos de vidro de forma a criar um espaço entre a parede interna do tubo maior e a externa do tubo menor onde o líquido de refrigeração pode escoar, também oferecem os canais de entrada e saída do líquido. O condensador apresentado neste artigo foi obtido a partir de dois tubos de neônio usados na iluminação e não mais eficientes de diâmetros 32 mm, tubo externo, e 26 mm, tubo interno, oportunamente cortados e limpos. Os cortes foram realizados usando um fio de níquel-cromo aquecido com corrente elétrica. Em particular, para cada corte, foi colocada uma espira em volta do tubo e na posição apropriada e sucessivamente foi ligado o gerador de corrente. A alta temperatura alcançada pelo fio nesta condição, junto com a espessura do vidro inferior ao milímetro, faz com que as tensões geradas pelo desequilíbrio térmico produzam um corte reto no tubo. O tubos obtidos possuem, tamanho de 240 mm.

Na Figura 4 temos uma foto do destilador já montado e após o seu primeiro uso. Nesse primeiro protótipo foram utilizadas mangueiras ao invés de tubos de cobre. Diferentemente

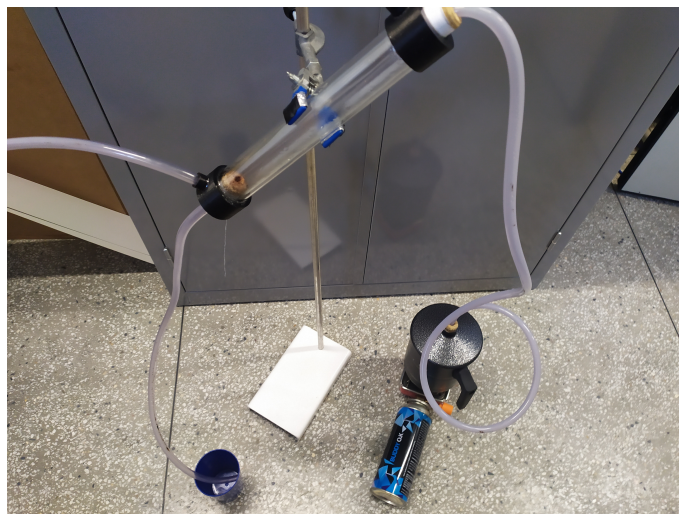


Figura 4. Destilador já montado e funcional

do cobre, as mangueiras ficam moles e mudam de cor ao passar o vapor de água, o que pode indicar certa poluição no produto final. Uma análise espectroscópica se faz necessária para saber a influência das mangueiras na destilação da água.

### III. RESULTADOS DOS TESTES DE USO

Tabela I. Tabela de dados do condensador

$T_i$ (°C)	$T_s$ (°C)	$\eta$
31.00	36.00	0.14
38.00	39.00	0.03
38.00	38.00	0.00
34.00	38.00	0.15
32.00	38.00	0.16
32.00	38.00	0.16
33.00	36.00	0.08
32.00	38.00	0.16
34.00	38.00	0.11
31.00	37.00	0.16
33.00	38.00	0.13
34.00	37.00	0.08
34.00	38.00	0.11
34.00	37.00	0.08

### A. Eficiência da panela de cuscuz

Para testar a eficiência da panela de cuscuz foi enchida com  $275.8 \pm 0.1$  gramas de água a temperatura ambiente. Este valor foi obtido por diferença entre as massas da panela cheia e vazia. As medições de pH e de condutibilidade da água, realizadas a uma temperatura de  $29^{\circ}\text{C}$ , foram de  $7.1 \pm 0.1$  e  $1570 \pm 10 \mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente.

A água foi feita evaporar aquecendo a panela de pressão com um fogareiro comercial a gás (modelo Lee portable stove) com chama ao máximo. A ebulição da água começou após 2 minutos e a cessação da geração de vapor ocorreu após 32 minutos. Ambos os tempos foram contados a partir de quando foi ligado o fogareiro. Sabendo que a massa da panela vazia é de  $165.4 \pm 0.1$  gramas, e que após completa evaporação da água o valor subiu para  $166.0 \pm 0.1$  gramas, se deduz que a massa dos sais presentes na água foi de  $0.6 \pm 0.1$  gramas. Os dados coletados permitem calcular que a velocidade máxima de evaporação (com fogareiro ao máximo da potência) em média foi de 9.20 gramas por minutos.

### B. Eficiência tubo refrigerador

A eficiência do condensador pode ser medida através da diferença de temperatura da água que entra pela que sai do mesmo, tal como sua definição termodinâmica (vista na equação 1).

$$\eta = \frac{T_{\text{Saída}} - T_{\text{Entrada}}}{T_{\text{Saída}}} \quad (1)$$

No texto a seguir, assim como nas tabelas 1 e 2 as siglas possuem o seguinte significado:

- Temperatura de entrada do vapor ( $T_v$ )
- Temperatura de saída do condensado ( $T_c$ )
- Fluxo do condensado ( $F_c$ )
- Temperatura de entrada da água de refrigeração ( $T_i$ )
- Temperatura de saída da água de refrigeração ( $T_s$ )

Os valores obtidos em 15 repetições são mostrados na Tabela 1. Considerando os parâmetros geométricos do tubo de refrigeração. O fluxo do condensador foi medido em  $12.88 \text{ml}/\text{min}$  já a

Tabela II. Tabela de dados do vapor destilado

$T_v$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_s$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\eta$
100.00	45.00	0.55
100.00	40.00	0.60
100.00	37.00	0.63
100.00	37.00	0.63
100.00	36.00	0.64
100.00	35.00	0.65
100.00	34.00	0.66
100.00	35.00	0.65
100.00	34.00	0.66
100.00	34.00	0.66
100.00	35.00	0.65
100.00	33.00	0.67
100.00	34.00	0.66
100.00	34.00	0.66

eficiência( $\eta$ ) relacionada a cada processo, respectivamente o resfriamento e a destilação estão presentes nas tabelas 1 e 2 suas respectivas medias são 0.106 e 0.641. Temos motivos para acreditar que, o material usado na confecção do condensador é feito de vidro de borossilicato, material amplamente usado na confecção de lampadas e tubos de neônio por suas propriedades de resistência a gradientes de calor (tal qual visto e patenteado por [4]). O coeficiente de transferência térmica presente na literatura é de  $1.4w/m^2k$

#### IV. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

O custo de realização do destilador foi de aproximadamente R\$ 100.00 enquanto um equipamento comercial com características similares tem um custo que varia de R\$ 700.00 a R\$1000.00. Este último valor é baseado em pesquisas realizadas em site de *e-commerce* e inclui o custo de entrega para Feira de Santana. De tal forma, o destilador descrito neste trabalho representa uma solução economicamente viável. Todavia, para que possa ser usado com tranquilidade, é necessário investigar a pureza do destilado principalmente no que diz respeito ao mercúrio que pode ser liberado gradativamente pelo vidro do refrigerador. Devido a pandemia do novo coronavírus, as pesquisas tiveram que ser temporariamente pausadas a fim de preservar a saúde dos pesquisadores. Foram coletadas 3 amostras de água destilada, porém por conta do motivo citado ainda não foi possível realizar um estudo espectroscópico da água. As investigações ne-

cessárias estão sendo realizadas e a publicação das mesmas é objetivo de um trabalho sucessivo.

---

- [1] Clarissa Soares et al. Tratamento de água unifamiliar através da destilação solar natural utilizando água salgada, salobra e doce contaminada. 2004.
- [2] Domingos Barbosa and Michael F Doherty. The simple distillation of homogeneous reactive mixtures. *Chemical Engineering Science*, 43(3):541–550, 1988.
- [3] TP Prado. Tinkercad: ferramenta online e gratuita de simulação de circuitos elétricos. disponível em: <https://www.embarcados.com.br/tinkercad/>. Acessado em 2018.
- [4] Werner Kiefer. Borosilicate glass, September 26 1989. US Patent 4,870,034.