

PROTÓTIPO PARA REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA REJEITADA NO PROCESSO DE DESTILAÇÃO

PROTOTYPE FOR REUSE OF WATER REJECTED IN THE DISTILLATION PROCESS

Vinícius Bernard Ramos Lopes¹
Marcos Gomes Ghislandi²

RESUMO

A água é um recurso natural indispensável para a vida no planeta Terra. Possui um enorme valor ambiental, social e econômico, fundamental para a sobrevivência do ser humano e dos ecossistemas no nosso planeta. A boa gestão dos recursos hídricos de uma sociedade deve considerar o reuso, pois assim além de gerar economia, evita a escassez hídrica. No Brasil, a água é utilizada principalmente para irrigação de lavouras, abastecimento público, atividades industriais, geração de energia, extração mineral, aquicultura, navegação, turismo e lazer. O presente trabalho leva em conta o problema de desperdício de recurso hídrico no processo de destilação da água, esse trabalho se dedica a criar um sistema para reutilização da água de rejeito gerada durante o processo, a fim de, gerar economia e evitar o desperdício. Fazendo um comparativo entre os dois métodos de produção da água destilada (modo usual versus modo proposto), podemos notar que, enquanto o modo de produção usual utiliza-se cerca de 8580 (destilada + rejeito) litros de água ao longo de 12 meses, o modo de produção proposto nesse trabalho utiliza apenas 627 litros de água já que toda água rejeitada no processo será reaproveitada para novas destilações. Os resultados obtidos nesse trabalho mostraram que devido a grande economia gerada pelo sistema proposto no projeto e em comparação com o modelo atual, o projeto se mostra viável e com possibilidade de ser replicado para os outros laboratórios da universidade. Tais resultados também evidenciaram que esse sistema de reutilização da água é uma ótima alternativa sustentável do uso dos recursos hídricos.

Palavras-chave: destilador; reciclagem; água; reuso.

ABSTRACT

Water is an indispensable natural resource for life on planet Earth. It holds immense environmental, social, and economic value, fundamental to the survival of humans and ecosystems on our planet. Proper water resource management should consider reuse as an integral component, as it not only generates savings but also helps prevent water scarcity. In Brazil, water is primarily used for crop irrigation, public supply, industrial activities, energy generation, mineral extraction, aquaculture, navigation, tourism, and recreation. This study

¹ Bacharelado em Engenharia dos Materiais pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho, 2024.

² Doutor em Engenharia dos Materiais pela Eindhoven University of Technology, 2012.

addresses the issue of water waste during the distillation process and is dedicated to developing a system to reuse the rejected water generated during the process, aiming to generate savings and reduce waste. Comparing the two production methods, we can observe that while the usual production method uses approximately 8,580 liters (distilled + waste) of water over 12 months, the proposed production method in this study uses only 627 liters of water, as all the water rejected in the process will be reused for new distillations. The results demonstrated that, due to the significant savings generated by the proposed system compared to the current model, the project can be implemented and replicated in other university laboratories. The findings also highlighted that this water reuse system is an excellent sustainable alternative for managing water resources.

Keywords: distiller; recycling; water; reuse.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável para a vida no planeta Terra. Possui um enorme valor ambiental, social e econômico, fundamental para a sobrevivência do ser humano e dos ecossistemas no nosso planeta¹. Para uma boa gestão dos recursos hídricos de uma sociedade, o reúso deve ser considerado o reuso deve ser considerado, pois assim além de gerar economia, evita a escassez hídrica. A reutilização do recurso hídrico é uma alternativa muito importante para economia da água e de eliminação do desperdício².

A água era considerada um recurso inesgotável. Porém, passou a ser considerada como um símbolo de riqueza, por ter sido transformada em uma mercadoria, logo passou também a ser sinônimo de conflito³. O mau uso, o

desperdício, sua distribuição, bem como sua ocorrência são responsáveis por criar conflitos em diversas regiões do mundo. A preocupação com a oferta de água ao redor do planeta passou a ser pauta frequente nas discussões ambientais e geopolíticas. O consumo de água tem crescido mais do que o dobro da taxa de aumento populacional no último século⁴.

A atividade que mais consome água no mundo é a agricultura, Quase 70% do consumo de água é voltado ao setor agrícola. A indústria retira 19% dos recursos de água doce de todo o mundo. O abastecimento doméstico corresponde a aproximadamente 8% do consumo⁵.

No Brasil, a água é utilizada principalmente para irrigação de lavouras, abastecimento público, atividades industriais, geração de energia, extração mineral, aquicultura, navegação, turismo e lazer⁶. Cada uso depende e pode afetar

condições específicas de quantidade e de qualidade das águas.

A água destilada é utilizada nos laboratórios das universidades para realização de diversas tarefas. A água destilada é importante para preparar experimentos, como também para a lavagem de vidrarias⁷. A destilação é um processo de separação de substâncias baseado nas suas diferenças de pontos de ebulição⁸. As substâncias em causa podem ser um líquido e um sólido ou dois líquidos. O processo de destilação de água consiste na retirada de sais minerais e componentes da mesma. Tal procedimento é feito a partir de um destilador por meio de procedimentos físicos.

Levando-se em conta o problema de desperdício de água no processo de destilação, esse trabalho se dedica a criar um sistema que permite a reutilização da água que é atualmente desperdiçada no processo de destilação no laboratório de Engenharia dos Materiais da UFRPE-UACSA. Esse trabalho visa criar um sistema para captar, reservar e reutilizar essa água para novas destilações. Assim evitando o desperdício do recurso hídrico da universidade, gerar economia e estudar a possibilidade de aplicabilidade do sistema para outros laboratórios da universidade.

METODOLOGIA

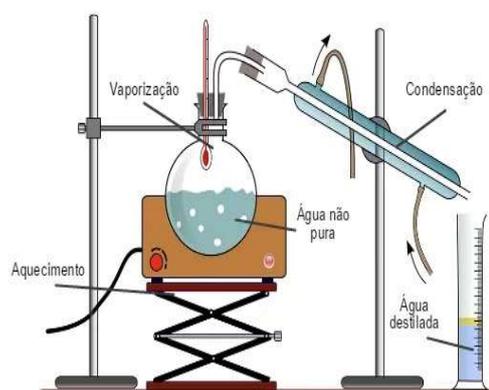
Local de estudo

O presente projeto fora realizado no Laboratório de Materiais da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Campus Cabo de Santo Agostinho.

O processo de destilação

A destilação da água é um método de tratamento que produz água livre de impurezas, transformando a água em vapor antes de condensá-la e retomá-la ao estado líquido. A Figura 1 mostra num esquema simplificado como ocorre o processo de destilação da água.

Figura 1 - Processo de destilação

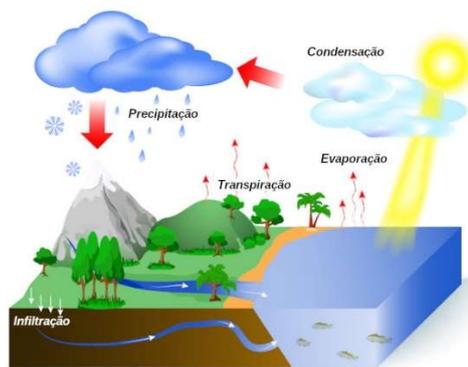


Fonte: 7Quem Significados.

Enquanto ocorre a evaporação, elementos indesejados como bactérias e metais pesados são removidos porque não têm a capacidade de se transformar

em vapor. Conforme a água muda do estado líquido para o gasoso, esses poluentes ficam retidos na câmara de fervura. O destilador então resfria a água evaporada, retomando-a ao seu estado líquido como água altamente pura e livre de minerais. A destilação de água imita a maneira como a Terra purifica e redistribui naturalmente a água. O calor emanado pelo sol evapora a água dos oceanos e das águas superficiais, como lagos e lagoas, transformando-a em vapor de água. O vapor de água sobe e começa a esfriar. O vapor resfriado condensa e cria nuvens, antes de devolver a água à terra através de precipitação, como chuva, neve e granizo⁹. A Figura 2 ilustra como funciona o ciclo da água na natureza.

Figura 2 - Ciclo da água na natureza



Fonte: Escola Kids UOL.

Para produzir a água pura o equipamento destilador necessita que haja fluxo constante de água. Para iniciar-se o funcionamento do equipamento

primeiramente abre-se o registro de água e aguarda-se o preenchimento do volume da caldeira, após observar-se a saída de água através do tubo de saída de excesso, liga-se o equipamento, nesta fase a água começa a ser aquecida na caldeira, logo depois, inicia-se o processo de ebulição, então o vapor é coletado e condensado no seletor de vapores resultando em uma água quimicamente pura.

Identificação do aparelho destilador

Esta etapa do projeto consistiu em realizar a identificação da parte técnica do destilador. O aparelho em estudo trata-se de um destilador de água do tipo Pilsen da 7LAB modelo SSDEST 5L (Figura 3), composto por: suporte, cúpula, seletor de vapores, caldeira de fervura, caixa de controle, entrada de água, funil coletor e saída de excesso. As partes de equipamentos são fabricados com materiais resistentes e inertes a fim de evitar a transferência de íons ao sistema ou sofrer oxidação, o aparelho destilador ainda conta com sistema de desligamento automático em caso de falta de água, para assim evitar danos ao mesmo. De acordo com o fornecedor, este equipamento é capaz de produzir 5 L de água pura por hora de funcionamento, com um consumo

de aproximadamente 50 L¹⁰. A Figura 3 mostra o destilador usado nesse projeto.

Figura 3 - Equipamento destilador de água 7LAB modelo SSDEST 5L



Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Materiais

Além do destilador já instalado no laboratório, para o presente projeto foram utilizados os seguintes materiais:

- 1 bomba submersa 25W de potência e fluxo de 2000 litros/hora;
- 3 recipientes de 50 litros (capacidade nominal);
- 1 recipiente de 25 litros;
- 4 flanges de 20mm;
- 2 luvas de ligação de 20mm;
- 5 adaptadores de 20mm;
- 20 cm de cano de 20mm;
- 1 torneira de passagem de 20mm;
- 1 torneira de passagem;
- 1 adaptador de mangueira;
- 2,5 metros de mangueira de 10mm;
- 2 metros de mangueira de 8mm.

Os custos dos materiais utilizados são indicados no quadro 1 e ilustrados na Figura 4.

Quadro 1 – materiais utilizados e seus respectivos custos

Quantidade	Material	Custo R\$
1	Bomba d'água submersa	110,00
1	Bombona 60 litros	60,00
2	Bombonas 52 litros	50,00
1	Recipiente 25 litros	20,00
4	Flanges 20mm	25,00
2	Luva união 20mm	10,00
5	Adaptadores 20mm	5,00
2	Cano 20cm	20,00
1	Torneira de passagem	2,00
1	Torneira de passagem	10,00
1	Adaptador de torneira	10,00
2,5	Mangueira 10mm	10,00
2	Mangueira 8mm	10,00
Custo total		342,00

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Para elaborar o projeto de reutilização da água de rejeito, foi construído um sistema fechado capaz de captar a água de rejeito, reservar e devolver essa água, com o auxílio de uma bomba d'água, aos reservatórios que alimentam o destilador, permitindo assim novos ciclos. A construção e eficiência do sistema de reaproveitamento serão discutidos na seção de resultados e discussão.

Figura 4 - Materiais utilizados no projeto



Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Os canos de PVC foram utilizados para fazer a ligação tanto entre os reservatórios de alimentação quanto para ligação entre os reservatórios de captação da água de rejeito. Os tubos de PVC são uma escolha comum para sistemas de encanamento devido à sua resistência à corrosão, facilidade de instalação e acessibilidade. Tubos de PVC de alta resistência ao calor são necessários em sistemas de encanamento que transportam água quente ou outros líquidos de alta temperatura¹¹.

A superfície lisa dos tubos de PVC permite um fluxo de água mais rápido porque, em comparação com outros tubos de concreto ou ferro fundido, a força de atrito é menor.

Os tubos de PVC são compostos de um tipo de plástico chamado policloreto de vinila. Onde a composição física dos materiais é amplamente influenciada pelas mudanças de temperatura - expandindo conforme a temperatura aumenta e contraindo conforme a temperatura diminui. Portanto, isso também indica que, além da temperatura, a rigidez e a capacidade de manter a pressão dos materiais também são afetadas pelas mudanças de temperatura. A resistência dos tubos de PVC diminuirá com o aumento da temperatura, o que significa que cuidados e medidas de proteção adicionais devem ser tomados para evitar efeitos desnecessários. Para a temperatura limite superior, o mais recomendado é de 80 graus. Ultrapassar esta temperatura significa que há risco de danos e perda de estrutura do tubo de PVC¹².

Identificação do consumo de água destilada no laboratório

Nesta etapa do projeto realizou-se uma entrevista com alguns alunos que realizam experimentos no laboratório de

materiais a fim de levantar a quantidade de água destilada consumida por semana. Em consequência dessa entrevista, descobriu-se que o consumo de água destilada no laboratório de materiais gira em torno de 10 litros por semana.

Avaliação do desempenho do destilador

Esta etapa do projeto consistiu em realizar testes de funcionamento do equipamento, bem como, estudo do volume da água de rejeito gerada para produção da água destilada. Para estimar a quantidade de água destilada produzida e a água rejeitada no processo de destilação da água pelo destilador (Figura 3) do laboratório de Engenharia dos Materiais da UFRPE-UACSA, foram realizados 3 ensaios com ciclo de 1 hora (a partir do início de produção de água destilada). Nesses ensaios foram constatados que durante um ciclo de produção, o destilador produzia, em média, 4,5 litros de água destilada e produzia, em média aproximadamente, 75 litros de água de rejeito.

A Tabela 1 mostra os dados obtidos durante os testes no modo usual, alimentado diretamente pela água proveniente da torneira do laboratório.

Tabela 1 – Testes de desempenho do destilador

Teste	Quantidade de água destilada produzida (litros)	Quantidade de água de rejeito produzida (litros)
1	4,8	75
2	4,2	73
3	4,5	76

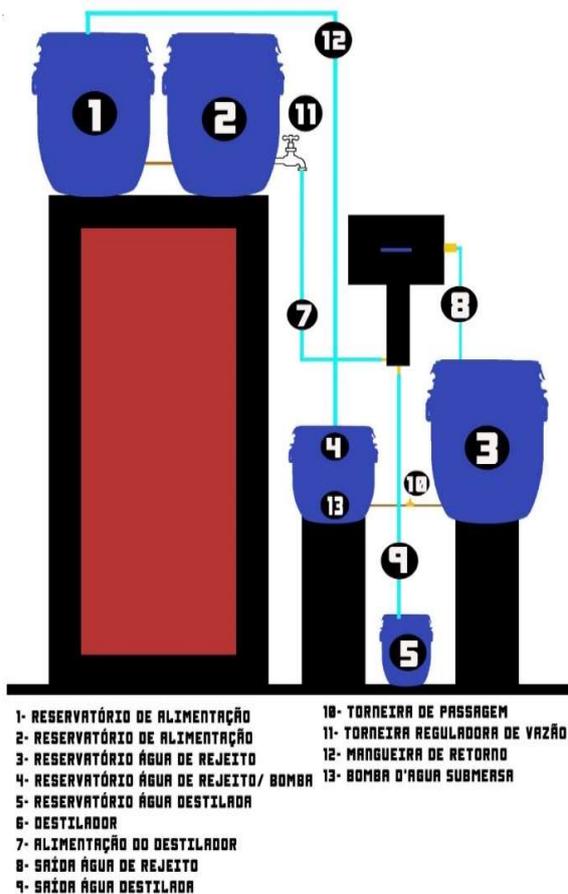
Fonte: elaborada pelo próprio autor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Construção do Protótipo

A Figura 5 mostra um esquema geral do protótipo, onde cada parte deve ser instalada.

Figura 5 - Projeto esquematizado



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Inicialmente dois reservatórios (componentes 2 e 3 indicados na figura 5) que possuem capacidade de 52 e 60 litros, e que são interligados através de um cano foram alocados cerca de um metro acima da entrada de alimentação do destilador, e alimentados com 112 litros de água, antes do primeiro ciclo com a água proveniente do sistema hídrico do prédio. Devido ao sistema de ligação entre os reservatórios e a margem de segurança, a capacidade de trabalho dos reservatórios passou de 112 para 82 litros. Os reservatórios de alimentação são mostrados na figura 6.

Uma torneira de passagem (componente 11) instalada em um dos reservatórios de alimentação controla a vazão com a qual o destilador será alimentado e faz conexão através de uma mangueira com o destilador. As mangueiras utilizadas no projeto são indicadas na Figura 5 como os componentes 7,8,9 e 12.

Figura 6 - Reservatórios de alimentação



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Os recipientes de captação da água de rejeito (componentes 3 e 4) foram alocados abaixo do destilador e também foram ligados entre si através de canos. Esses reservatórios, mostrados na Figura 7, foram colocados sobre suportes de forma que a altura máxima entre a bomba d'água atuante e a entrada de água dos reservatórios de alimentação não ultrapasse 2 metros de altura, pois essa é

a coluna d'água máxima que a bomba pode produzir.

O destilador possui duas saídas de água, uma na parte inferior e outra na parte lateral direita. Da saída inferior sai a água destilada que foi produzida, nessa saída foi conectada uma mangueira, conectada ao recipiente de 5 litros de capacidade, mostrado na Figura 8, destinado a captar a água destilada produzida e na saída lateral, onde sai a água rejeitada no processo, foi outra mangueira para levar a água de rejeito ao reservatório destinado a captação da água de rejeito.

Figura 7 - Reservatórios de captação da água de rejeito



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 8 - Reservatório de captação da água destilada



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Os recipientes de captação da água de rejeito possuem 25 e 52 litros de capacidade (figura 7), respectivamente, totalizando 77 litros de capacidade. Por conta do sistema de ligação entre esses dois recipientes e da margem de segurança, parte da capacidade da água que retorna ao sistema de alimentação foi diminuída cerca de 9 litros, então é preciso adicionar cerca de 9 litros antes de colocar o sistema em funcionamento.

A bomba d'água submersa (componente 13) utilizada nesse projeto tem uma temperatura máxima de trabalho de 35°C, e como a água de rejeito produzida no processo sai a uma temperatura elevada (entre 50°C e 55°C), não é possível a devolução imediata da água de rejeito aos reservatórios de

alimentação, logo é preciso esperar algum tempo para que a água perca calor antes de poder iniciar um novo ciclo. A água rejeitada no processo é captada e armazenada por um tempo determinado até que esfrie até atingir uma temperatura de 35°C. Por uma margem de segurança, opta-se em trabalhar com uma temperatura máxima que gira entre 28 e 32°. A bomba usada no projeto é mostrada na Figura 9.

Experimentalmente, verificou-se que o tempo necessário para que a água perca calor suficiente até que se possa iniciar um novo ciclo, gira em torno de 4 a 6 horas. Quando essa água perde calor suficiente, a bomba d'água que é alocada no recipiente de 25 litros (figura 7) faz com que essa água armazenada retorne aos reservatórios de alimentação, fechando assim o sistema. Então é possível iniciar um novo ciclo.

De acordo com o manual do destilador, após o desligamento do aparelho, é necessário que o destilador continue sendo alimentado por cerca 1,5 a 2 minutos.

Após a montagem do sistema, foram realizados 5 testes.

Figura 9 - Bomba alocada no reservatório de 25 litros



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Eficiência do processo de reaproveitamento

O sistema proposto foi colocado em funcionamento e os reservatórios alocados acima do destilador o alimentaram (com vazão de 1,2 litro/minuto). Após 6 ou 7 minutos o destilador começou a produzir a água destilada. Após o início da produção da água destilada, mediu-se 1 hora e após esse tempo, desligou-se o destilador. Como destilador não trabalha de forma uniforme, existe uma variação na quantidade de água destilada e de rejeito produzida ao longo de um ciclo.

A Tabela 2 mostra a quantidade de água destilada produzida, o tempo que o destilador levou para começar a produzir água destilada e quantidade de água de

rejeito durante um ciclo. O destilador foi alimentado com vazão de 1,2 litros/minuto.

Tabela 2 – Dados obtidos com os testes feitos a partir do projeto proposto

Teste	Quantidade e de água destilada produzida (litros)	Tempo para começar a produzir água destilada (minutos)	Quantidade e de água de rejeito produzida (litros)
1	2,9	6	58
2	3,3	7	62
3	3,4	6	60
4	3,4	7	59
5	3,5	6	62

Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Com os testes realizados, verificou-se que foram produzidos, em média aproximadamente, 3,3 litros de água destilada e 60 litros de água de rejeito.

Também é possível calcular a quantidade de água necessária e o tempo para se produzir 1 litro de água destilada. Visto que em um ciclo de 1 hora de funcionamento, o destilador produz, em média, 3,3 litros, para se produzir apenas 1 litro de água é destilada, em média, leva-se em torno de 18 a 20 minutos e necessita-se em torno de 18 a 20 litros de água.

O consumo mensal do laboratório é de aproximadamente de 40 litros de água destilada. Comparando o sistema

proposto nesse projeto com o modo de produção atual, nota-se que enquanto o modo atual de produção desperdiça aproximadamente 675 litros de água mensalmente (cerca de 9 ciclos) para suprir à quantidade de água destilada utilizada pelo laboratório, o presente projeto pode suprir essa necessidade utilizando apenas 143 litros de água no primeiro mês e a partir do segundo mês será necessário apenas fazer a reposição com 44 litros de água mensalmente.

Tabela 3 – Comparativo entre a quantidade modo usual versus sistema proposto.

Tempo (meses)	Quantidade de água utilizada no modo atual de produção (litros aproximados)	Quantidade de água utilizada proposta pelo projeto (litros aproximados)
1	675	143
3	2025	231
6	4050	363
9	6075	495
12	8100	627

Fonte: elaborada pelo próprio autor.

A Tabela 3 faz um comparativo entre a quantidade de água necessária para produzir 40 litros (consumo mensal do laboratório de Materiais) de água destilada ao longo do tempo entre o modo atual de produção e a proposta desse projeto.

Como a quantidade de água disponível para trabalho é de 82 litros e é necessário pelo menos 63,5 litros para realização de um ciclo com segurança, é possível realizar cerca de 6 ciclos de produção de água destilada, produzindo aproximadamente 20 litros de água destilada, antes de ser necessário adicionar mais água aos reservatórios que alimentam o destilador.

Como cerca de 28 litros (por conta do sistema de ligação entre os reservatórios) de água dos reservatórios de alimentação não são transferidos para o destilador durante a produção da água destilada e ao final dos 6 ciclos sobrarão cerca de 62 litros de água de rejeito (totalizando 90 litros de água remanescente), será necessário adicionar 22 litros de água ao sistema de alimentação para totalizar os 112 litros iniciais e iniciar novos ciclos de produção da destilação da água.

CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, seria viável a implementação deste sistema de reutilização da água de rejeito para produção de novas destilações, evitando o grande desperdício de água gerado pelo processo de destilação da água do modelo de produção atual.

Fazendo um comparativo entre os dois métodos de produção, podemos notar que, enquanto o modo de produção usual utiliza cerca de 8580 (destilada + rejeito) litros de água ao longo de 12 meses, o modo de produção proposto nesse trabalho utiliza apenas 627 litros de água já que toda água rejeitada no processo será reaproveitada para novas destilações.

Devido a grande economia gerada pelo sistema proposto nesse trabalho, o projeto pode ser aperfeiçoado e replicado para os outros laboratórios da universidade. Esse sistema de reutilização da água é uma alternativa sustentável do uso dos recursos hídricos.

O custo do m³ da água, na região onde fica localizado o campus da universidade, no presente momento em que se realiza esse projeto custa R\$ 3,06¹³. Esse projeto além de evitar o desperdício do recurso hídrico, pode gerar uma economia anual de R\$ 30,60.

Uma forma de melhorar o projeto seria instalar suportes para alocar os reservatórios de alimentação, de forma que eles ficassem suspensos, permitindo assim, a mudança do sistema de ligação entre os reservatórios. O sistema de ligação seria feito pela parte inferior dos reservatórios, assim sendo, não comprometeria, de forma significativa, sua capacidade de trabalho. O sistema então

passaria a contar com 112 litros de capacidade de trabalho, assim permitindo cerca de 15 ciclos de produção (atualmente são 6).

Outra forma de otimizar o projeto seria substituir os dois reservatórios de alimentação por um único reservatório de 120 litros de capacidade e também substituir os reservatórios de captação da

água de rejeito por um único reservatório com capacidade de 80 litros. Assim otimizaria o projeto na questão de ocupação do espaço do laboratório e também cortaria custos, já que não precisaria fazer um sistema de ligação entre os recipientes. Nesse projeto, o sistema de ligação entre os recipientes representa cerca de R\$ 66,00.

REFERÊNCIAS

¹ A IMPORTÂNCIA da água em nosso planeta. [S. l.]: REMADI, 23 set. 2020. *Blog*. Disponível em: <https://www.remadi.com.br/noticia/a-importancia-da-agua-em-nosso-planeta#:~:text=A%20%C3%A1gua%20%C3%A9%20um%20recurso,disponibilidade%20desse%20recurso%20no%20planeta>. Acesso em: 8 dez. 2024.

² TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: Enfrentando a Escassez**. 3 ed. São Carlos: Rima Editora, 2009.

³ SOUSA, Rafaela. **Água**. [S. l.]: Brasil Escola, [202-]. *Blog*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/agua.htm>. Acesso em 09 dez. 2024.

⁴ KONCAGÜL, Engin; TRAN, Michael; CONNOR, Richard. **Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2020: água e mudança climática, fatos e dados**. [S. l.]: UNESCO, 2020. 15 p. Disponível em:

https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000372876_por. Acesso em: 06 dez. 2024.

⁵ PENA, Rodolfo F. Alves. **Atividades que mais consomem água**. [S. l.]: Brasil Escola, [202-]. *Blog*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/atividades-que-mais-consomem-agua.htm>. Acesso em: 09 dez. 2024.

⁶ AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Usos da água**. [S. l.]: ANA, [2020]. *Site*. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/usos-da-agua>. Acesso em: 09 dez. 2024.

⁷ MEDEIROS, R. C.; STORCK, W. R.; VOLPATTO, F. Gestão da água de descarte de destiladores de água em Laboratórios de uma IES. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 8., 2017 Campo Grande. **Anais** [...]. Mato Grosso do Sul: IBEAS, 2017. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/>

[Trabalhos2017/I-015.pdf](#). Acesso em: 08 dez. 2024.

⁸ REGER, Daniel; GOODE, Scott; MERCER, Edward. **Química: Princípios e Aplicações**. 2. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2010. p. 24-25.

⁹ O QUE é um destilador de água e como ele funciona. Iperó, SP: Hipperquímica, 23 ago. 2023. *Blog*. Disponível em: <https://hipperquimica.com.br/destilador-de-agua/#:~:text=Como%20funciona%20um%20destilador%20de,condensado%2C%20voltando%20ao%20estado%20l%C3%ADquido>. Acesso em: 3 fev. 2025.

¹⁰ DESTILADOR de água tipo Pilsen modelo SSDEST 5L [Manual]. [S. l.]: 7lab, [202?]. *Site*. Disponível em: <https://www.7lab.com.br/equipamentos-para-laboratorio/destilador-de-agua-tipo-pilsen-solidsteel-7lab-5-litroshora-220v>. Acesso em: 3 fev. 2025.

¹¹ QUÃO alta é a resistência ao calor do tubo de pvc. [S. l.]: IFAN, 30 ago. 2022. *Blog*. Disponível em: <https://pt.ifan-plast.com/news/how-high-is-the-heat-resistance-of-the-pvc-pip62228092.html#:~:text=Conclus%C3%A3o,alta%20temperatura%20>

[por%20muitos%20anos](#). Acesso em: 3 fev. 2025.

¹² COMO a temperatura afeta o tubo de pvc. [S. l.]: IFAN, 21 jul. 2023. *Blog*. Disponível em: <https://pt.ifan-plast.com/info/how-temperature-affects-pvc-pipe-85213177.html>. Acesso em: 3 fev. 2025.

¹³ TABELA Tarifária a ser aplicada aos serviços prestados pela Compesa. Recife: Agência de Regulação de Pernambuco, 2023. Disponível em: <http://www.arpe.pe.gov.br/images/C OORDENADORIAS/TARIFAS/SAN EAMENTO/2023/Tabela-Tarifaria-Compesa-Reajuste-Mar-2023-para-Site.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2025.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por tudo, por ter me dado saúde, disciplina, força e determinação ao longo dessa jornada acadêmica.

Por fim, agradeço ao meu pai, minha mãe, meu irmão, meus professores, e todos que, direta ou indiretamente, participaram dessa trajetória e que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.