

RETIRADA DE ÁGUA DA ATMOSFERA E SUA VIABILIDADE DE USO PARA O SEMIÁRIDO

Grazielly Kainara Ferreira

Resumo: O acesso à água de boa qualidade é um problema mundial, que afeta muito as pessoas que moram em pequenas cidades localizados no nordeste brasileiro. A falta de chuvas e mudança repentina no clima nesta região incentivam a busca e a elaboração de novos meios para garantir a sobrevivência humana. Sabendo que a atmosfera contém um grande percentual de água, porém em forma de vapor, logo, abre-se a ideia de buscar mecanismos que absorvam essa água. Quanto maior a temperatura, maior a quantidade de água presente na forma gasosa em suspensão no ar, e quando resfriado ocorre a condensação, ou seja, há a transformação do estado líquido para o gasoso. A eficiência da condensação é maior em regiões áridas e semiáridas devido às oscilações de temperatura, o que aumenta a capacidade de extração de água da atmosfera na nossa região. Então, tomando conhecimento dos diferentes tipos de técnicas possíveis para se obter essa água, podemos identificar quais as mais viáveis para uso pessoal e comercial. Levando em consideração também dispositivos que já temos disponíveis no mercado para compra. Assim, podemos amenizar esse problema que é tão frequente em vários locais.

Palavras-chave: Condensação. Material. Retirada de água. Umidade Relativa.

1. INTRODUÇÃO

Buscaremos identificar neste trabalho os mecanismos e alguns dispositivos já disponíveis, no mercado e em trabalhos científicos. Identificaremos quais são mais viáveis para o semiárido nordestino. Com base nos diferentes usos de técnicas presentes no mercado e na literatura, bem como a viabilidade dos processos para uso doméstico, humano, e comercial, neste último caso, agricultura e pecuária.

No mundo mais de 30 países apresentam problemas de escassez hídrica e mais de 1,8 bilhão de pessoas não têm acesso a uma capacidade mínima segura para o uso humano. Nações como China, Oriente Médio, do norte e do sul da África e Índia têm dificuldades para acessar água potável, bem como o semiárido nordestino ao qual a UFERSA está inserida. Desse modo, em zonas rurais, o número é ainda mais preocupante, oito em cada dez pessoas que vivem no interior não têm acesso à água potável. Presume-se que, até 2050, 4,8 bilhões de pessoas estarão em cenário de estresse hídrico, isto é, com problema de acesso à água potável e saneamento básico. [1]

Levando em conta o uso direto e indireto da água durante todo o processo produtivo, o Brasil seria o maior exportador de água do mundo. O Brasil desperdiça entre 37 e 42% de água tratada, consoante o governo por causa de vazamentos e mal uso. [2]

No semiárido do Rio Grande do Norte, clima ao qual a nossa instituição está localizada, mais precisamente na região conhecida como Sertão Central Potiguar, fazemos uso da água tanto para a área doméstica quanto na comercial, destacando ainda a agricultura e a pecuária de subsistência. Conforme a população cresce o consumo fica cada vez maior, logo a natureza não poderá nos fornecer mais o suficiente, ou pelo menos o viável economicamente.

Apesar da grande quantidade de água no planeta, apenas 2,5% dessa água é doce e 0,007% é apropriada para o consumo humano. A água doce é tratada para atender a necessidade da população mundial, mas várias questões geográficas e sociais impossibilitam que toda a população tenha acesso a esse bem tão essencial. [3]

Há ainda regiões nas quais é difícil de encontrá-la na forma líquida, porém, a água sempre está presente na atmosfera mesmo que em pequenas concentrações. É perceptível a sua presença no ar quando nuvens começam a se formar devido a condensação o que ocasionalmente resulta em precipitação.

A água em forma de vapor e gotinhas na atmosfera firmam um grande recurso de água doce, principalmente nos níveis de baixa umidade relativa, característico de ambientes semiáridos. Entendendo o funcionamento desse fenômeno físico e o que é preciso para retirar a água da atmosfera, pode-se projetar equipamentos, tornando assim, esse recurso capaz de resolver uma grande parte do nosso problema global com a água.

2. DESENVOLVIMENTO

O Polígono das secas, como é denominado o interior da região Nordeste do Brasil, apresenta clima semiárido, no qual a precipitação média anual é cerca de 500 mm. A respeito dos recursos hídricos à superfície, predominam os rios intermitentes que escoam apenas no curto período chuvoso. Em consequência dessas características a

população da região é bastante castigada pela falta de água, principalmente potável, situação que se torna pior durante os longos períodos de estiagens, que são bastante comuns. [4]

O clima seco e instável estimula, a criação de novos meios de garantir a sobrevivência humana, que demanda determinada quantidade de água potável diariamente. Um dos cenários possíveis de ser avaliado é uma região geográfica definida pelo distanciamento de reservatórios hídricos e com pouca precipitação, como é o caso das regiões do interior nordestino. Uma alternativa de se adquirir água nessas condições é a partir da condensação da umidade do ar. [3]

O ar atmosférico é formado por uma mistura de gases (principalmente nitrogênio e oxigênio) e vapor d'água. Essa água emana da evaporação da água de rios, oceanos, transpiração animal e vegetal dentre outras fontes.

Para remover o vapor de água da atmosfera, podemos utilizar alguns processos termodinâmicos. Quando o ar com determinada quantidade de água encontra um objeto suficientemente frio, parte do vapor condensa-se sobre sua superfície. O condicionamento de ar, além de resfriar o ambiente, também tem como objetivo retirar água do ar, levando em consideração o condicionamento de regiões quentes e úmidas. [5]

Como exemplo de aparelhos que fazem uso desse sistema, podemos mencionar o ar condicionado que gera como subproduto água da atmosfera na forma líquida. Logo, mecanismos semelhantes podem ser usados para a extração de água potável da atmosfera.

A quantidade de vapor de água no ar é medida por uma grandeza conhecida como umidade relativa do ar (UR); que se trata da razão entre o percentual de água que existe no ar e o percentual de saturação. A saturação está relacionada a encher ou completar alguma coisa. O ar pode ficar saturado através do aumento de vapor d'água no ar e também pela redução de temperatura.

Quanto maior a temperatura, maior a capacidade de conter água na forma de gás no ar; quanto menor a temperatura, menor é essa capacidade. Quando uma temperatura mais alta é resfriada ocorre a condensação da água. Desse modo, o ar atinge a temperatura do ponto de orvalho, onde a quantidade de vapor presente no ar é máxima, ocorrendo a formação de orvalho, nuvens e nevoeiros. É dessa maneira que é formado aquele acúmulo de água na latinha de refrigerante, dos vidros do carro ou outros objetos em baixa temperatura, o vapor d'água presente no ar encontra o ar frio ao redor do objeto e condensa-se sobre ele.

Empregando conceitos de psicrometria, somos capazes de calcular a demanda energética de um equipamento capaz de retirar água do ar atmosférico. O princípio básico para favorecer a condensação é alcançar o ponto de orvalho do ar até seu estado saturado, e seguindo com o resfriamento.

“Psicrometria é um ramo da ciência destinado ao estudo e das propriedades físicas e termodinâmicas da mistura entre gases e vapor e também suas aplicações práticas. A maioria dos estudos da psicrometria está voltada para a análise da mistura do vapor d'água e o ar atmosférico. Na engenharia este estudo é extremamente importante para projeto e dimensionamento de sistemas evaporativos”. (SAMPAIO, 2013)

2.1 Mecanismos utilizados para retirar água da atmosfera.

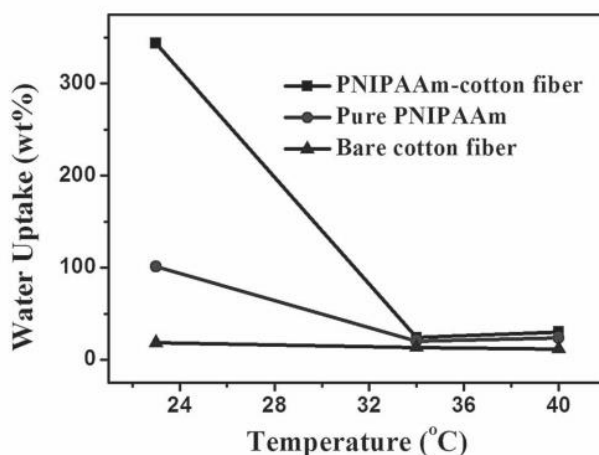
2.1.1 Coleta de água utilizando Tecido PNIPAA [poli (N-isopropilacrilamida)]

O algodão é um material natural e abundante composto por quase 99% de unidades de celulose. Nas últimas décadas, uma extensa pesquisa focou na modificação de superfície de fibras de celulose para controlar suas propriedades, por exemplo, molhabilidade, melhorada estabilidade mecânica ou adesão. Uma estratégia interessante é juntar polímeros responsivos a estímulos que transformam a fibra natural em um material inteligente que responde às mudanças no ambiente, como temperatura, pH ou luz. Este comportamento responsivo pode ser usado para transformar as fibras de celulose, em um material barato e amplamente disponível, em alta tecnologia e têxteis de alto valor agregado com funcionalidades avançadas. [8]

Logo, para retirar água da atmosfera Hengrui Yang, da Universidade de Eindhoven, na Holanda, em parceria com colaboradores da Universidade Politécnica de Hong Kong, propuseram aplicar à fibra natural um polímero de nome poli (N-isopropilacrilamida) também conhecido como PNIPAA, que trata-se de um polímero bem conhecido sensível à temperatura, o qual sofre uma transição do estado hidrofílico (forte absorvedor de água) para hidrofóbico (repelente à água) em solução aquosa à uma temperatura específica (+ 32 ° C), denotada como a menor temperatura crítica da solução. Conforme preparado, o tecido exibe uma capacidade imensa de coletar água do ar úmido. [8]

A uma temperatura de até 34°C, o tecido de algodão fica imensamente hidrofílico, isto é, se torna um grande absorvedor de água, conseguindo capturar até 340% do seu próprio peso em água (~ 3,4 L / kg material); o polímero sozinho não consegue capturar mais do que 18%. Quando a temperatura ultrapassa os 34°C, o algodão se torna altamente hidrofóbico, ou seja, repelente à água. Visivelmente, a captação de água do algodão PNIPAA em temperaturas $\geq 34^\circ\text{C}$, é semelhante ao do algodão puro, visto que nenhuma mudança significativa foi detectada dentro da faixa de temperatura medida. [8]

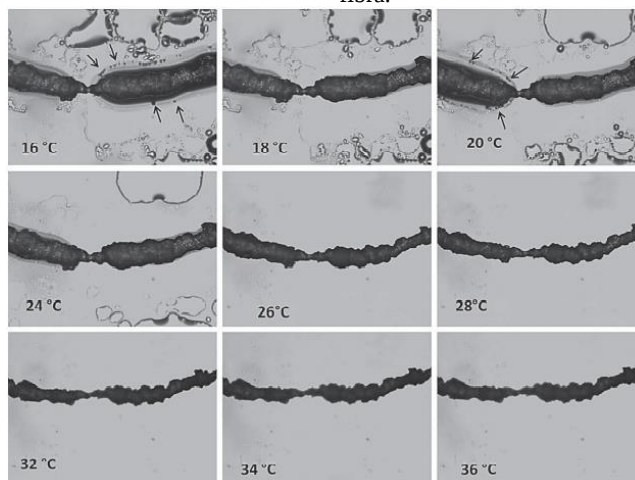
Figura 1. Captação de água em função da temperatura para algodão puro, algodão PNIPAA e amostras de PNIPAA puras, expostas em atmosfera de alta umidade (~ 96%) em diferentes temperaturas e sem contato direto com a água.



Disponível em: ADVANCED MATERIALS, pág. 1152.

A 16 ° C, as gotículas de água se formam na superfície do vidro, sob o algodão PNIPAA, devido à condensação. Nessa temperatura, a fibra começa a absorver água, que é claramente visível pelo aumento do diâmetro e transparência da mesma. Além disso, as minúsculas gotículas de água formadas na superfície da fibra após a condensação são imediatamente absorvidas pela camada PNIPAA. O diâmetro da fibra aumenta gradualmente até 24–25 ° C. [8]

Figura 2. Coleta/liberação de água pelo algodão PNIPAA pela fibra após as mudanças de temperatura. As imagens sequenciadas do algodão PNIPAA à medida que a temperatura sobe de 16-36 ° C sob a atmosfera controlada (~ 96% de umidade). Setas indicam pequenas gotículas de água absorvidas pela fibra.



Disponível em: ADVANCED MATERIALS, pág. 1152.

Este conceito e os materiais relatados podem ser usados diretamente para coletar água da atmosfera convertendo-a em água potável.

2.1.2 Coleta de água utilizando MOFs (Metal-Organic Frameworks)

Dentre os materiais porosos, o que mais se destaca quando se trata da coleta de água do ar é o MOF (Metal-Organic Frameworks), devido a flexibilidade com a qual podem ser feitos e modificados no nível molecular, juntamente com sua porosidade ultra alta.

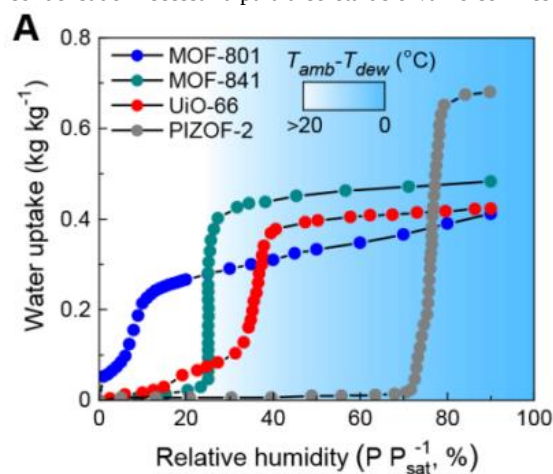
“As MOFs (Metal-Organic Frameworks) consistem em uma classe de materiais porosos, cujo campo de pesquisa tem crescido muito rapidamente nas últimas duas décadas, particularmente após o trabalho icônico de Omar Yaghi e coautores¹ sobre um composto de Zn(II) contendo 1,4-benzeno-dicarboxilato (tereftalato) como ligante, chamado MOF-5. Estes materiais são formados a partir da interação entre íons ou clusters metálicos e ligantes orgânicos

multitópicos. Deve-se salientar que a ligação química metal-ligante envolvida na formação de MOFs é de natureza predominantemente covalente do tipo ácido/base de Lewis (íon metálico e ligante, respectivamente), visto que se tratam de compostos de coordenação.” (FREM et al, 2018)

Uma etapa crítica é a liberação de água do MOF, para o qual é aplicado um processo de dessorção por vapor acionado por calor de baixo grau. A energia fotovoltaica é essencialmente promissora, pois a luz solar costuma ser abundante em regiões áridas com baixa Umidade Relativa (UR), em que os recursos hídricos são limitados e onde uma oscilação natural de temperatura diurna auxilia termicamente o processo (adsorção de água durante a noite mais fria e liberação durante o dia mais quente). Essa estratégia, em termos de energia, é muito mais eficiente em comparação com os sistemas de coleta de orvalho baseados em refrigeração, porque o calor é usado diretamente para a dessorção. A quantidade de água que pode ser coletada com MOFs pode ser muito maior do que com sistemas de coleta de orvalho, que se tornam impossíveis de praticar em URs menores que 50%.

Para usar MOFs com finalidade de coletar água com rendimento máximo e consumo mínimo de energia, uma isotérmica com um aumento acentuado na captação de água dentro de uma faixa estreita de UR é desejada, o que permite regeneração máxima com aumento mínimo de temperatura. [10]

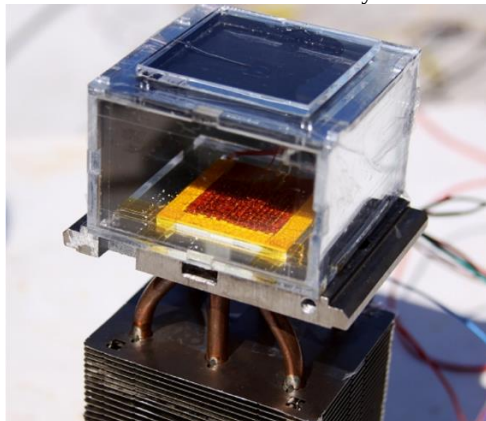
Figura 3. Gráfico de alguns isotermas de adsorção de água de MOFs baseados em Zr a 25 ° C, mostrando um rápido aumento nas capacidades de adsorção de cada um, com uma mudança relativamente pequena na umidade relativa (UR). O mapa de cores de fundo mostra a diferença mínima entre as temperaturas do ar ambiente e do condensador necessária para a coleta de orvalho com resfriamento ativo.



Disponível em: www.sciencemag.org

Com o intuito de capturar a umidade atmosférica e tomando como base esse estudo feito por eles, Omar M. Yaghi e colaboradores da Universidade da Califórnia em Berkeley e do MIT criaram um aparelho utilizando o MOF-801, o mesmo teve um bom desempenho em um cenário natural ao ar livre, no teto do laboratório. Experimentos em uma câmara controlada mostram que ele é apto a produzir 2,8 litros de água potável por quilograma de MOF-801 em 12 horas sob luz do dia, com níveis de umidade relativa de apenas 20%. [10]

Figura 4. O aparelho usado para retirar água da atmosfera criado por Omar Yaghi e colaboradores da Universidade da Califórnia em Berkeley e do MIT.

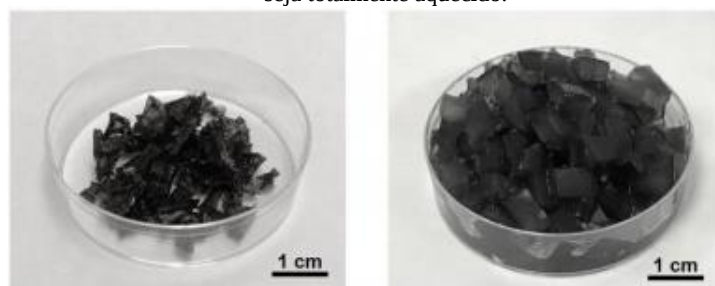


Disponível em: www.inovacaotecnologica.com.br

2.1.3 Retirada de água da atmosfera utilizando géis absorventes de umidade

Com base no estudo feito por engenheiros da Universidade do Texas, em Austin (EUA), um gel super absorvente de umidade, composto de cloreto de polipiróléle higroscópico penetrante em rede polimérica de *poliidrólise N-isopropilacrilamida* é capaz de conseguir uma produção de água de alta eficiência pela retirada de água do ar. O efeito sinérgico possibilitado pela integração de nível molecular de polímeros higroscópicos e hidrofílicos em uma arquitetura de rede apresenta interação controlável entre as moléculas de gel e água, percebendo simultaneamente a captura eficiente de vapor na liquefação do H₂O no local, armazenamento dele de alta densidade e liberação rápida do mesmo em diferentes condições climáticas. Por ser um método eficaz para regular a migração de moléculas de água, tal mecanismo representa uma nova estratégia não só para a retirada de água da atmosfera, mas também é fundamental para outros sistemas de gestão da mesma, como para resfriamento ambiental, hidratação sacrificial e além. [11]

Figura 5. Do lado esquerdo temos o gel desidratado. Já do lado direito temos o gel totalmente encharcado. Ele é capaz de captar água do ar quase 5 vezes o seu próprio peso em 12h e armazenar a água obtida até que o gel seja totalmente aquecido.



Disponível em: www.tempo.com

Mediante esse estudo eles desenvolveram um tipo de solo que retira a água do ar, através de um sistema de irrigação, o que favorece a tecnologia agrícola sustentável. Quando o solo é aquecido a uma certa temperatura, os géis liberam a água, disponibilizando-a para as plantas. Quando o solo a distribui, parte dela volta ao ar, aumentando a umidade e facilitando a continuidade do ciclo de colheita.

É possível extrair de cada grama de solo, aproximadamente 3 a 4 gramas de água. Dependendo das safras, pode-se fornecer água suficiente para irrigar um metro quadrado de terra, com apenas cerca de 0,1 a 1,0 quilograma de solo. [11]

2.1.5 Obtenção de água do ar com o uso de células termoelétricas de efeito peltier

Os sistemas de processamento de vapor de água vêm sendo amplamente discutidos no meio científico como uma possível solução para áreas áridas e semiáridas quanto ao abastecimento de água potável, devido às altas temperaturas e umidade relativa, o que aumenta a eficiência de condensação nesses locais.

“O processamento de vapor d’água envolve duas etapas. Primeiro, o vapor é levado até uma superfície ou volume de condensação, depois é criado um gradiente de pressão de vapor entre o ar e a superfície de condensação, que força as moléculas de vapor a fluírem do ar para a superfície ou volume de condensação. O que diferencia um método de processamento de vapor de outro é a forma como esse gradiente de pressão de vapor é gerado.” (ROCHA e CACHOEIRA, 2016)

A condensação por resfriamento de superfície estabelece o gradiente de pressão de vapor através do resfriamento de uma superfície de condensação abaixo do ponto de orvalho, fazendo uso de um trocador de calor. O sistema de efeito termoelétrico pode ser utilizado para realizar a troca térmica.

Ao que se diz efeito termoelétrico, o mesmo se trata em aplicar calor em uma face do componente e resfriar a outra. Esse diferencial de temperatura provoca o surgimento de uma força eletromotriz que produz uma corrente elétrica no circuito. A esse fenômeno se dá o nome de efeito Seebeck. O procedimento inverso, onde se obtém um gradiente de temperatura por meio da utilização de corrente elétrica chama-se efeito Peltier; ele consiste no aquecimento de uma das faces de um semicondutor e no resfriamento da face oposta a ela quando é atravessado por uma corrente elétrica. [12]

Quando o objetivo do módulo termoelétrico for a refrigeração, é preciso elevar ao máximo a capacidade de refrigeração da face quente da célula Peltier, fazendo uso de dissipadores de calor e altas velocidades de corrente, de modo a diminuir ao máximo a diferença de temperatura entre as faces. O calor absorvido pela face fria é inversamente proporcional à diferença de temperatura entre as faces quente e fria da célula Peltier. O coeficiente

de performance da placa, que dado pela razão entre o trabalho requerido pelo sistema e a sua capacidade de absorver calor, diminui conforme se aumenta a corrente elétrica que passa pelo módulo. [12]

Empregando células termoeletricas de efeito Peltier podemos obter água potável a partir de superfícies refrigeradas. Com umidade relativa entre 82% e 39%, e temperatura entre 25°C e 35°C, podemos obter resultados bastante satisfatórios. [13]

Esse mecanismo pode ser utilizado onde há necessidade de formação de condensado aquoso em pequenas quantidades.

2.1.5 Aproveitamento de água condicionada nos sistemas de ar-condicionado

O ar-condicionado é um dispositivo que tem como finalidade tratar do ar de um local, oferecendo condições de temperatura ideais para o ser humano.

“Os condicionadores de ar são basicamente uma geladeira sem seu gabinete. Ele usa a evaporação de um fluido refrigerante para fornecer refrigeração. Os mecanismos do ciclo de refrigeração são os mesmos da geladeira e do ar condicionado.” (ANTONOVICZ E WEBER, 2013)

Esses aparelhos proporcionam a geração de água a partir da condensação, onde na maioria das vezes é desperdiçada, indo para o solo ou para o esgoto. Sendo assim, o aproveitamento desta água desperdiçada depende da coleta eficaz de cada sistema de drenagem dos dispositivos que podem ser direcionados para um sistema de coleta e armazenamento. [6]

É viável a efetuação de sugestões de projeto sobre sistema de captação da água dos ar-condicionado através de cisternas ou reservatórios, para a reutilização dessa água para lavagens de pisos, irrigação de jardins ao redor de edifícios, entre outros. Os condicionadores de ar podem gerar vários litros de água até o final do dia, permitindo-a ser reutilizada em práticas sustentáveis. Vale salientar que a mesma é imprópria para o consumo, pois contém impurezas presentes no ambiente. [15]

A coleta pode ser feita através de tubulações de PVC, ou mediante um sistema de drenagem projetado especialmente para a captação da água sendo armazenados em reservatórios ou cisternas de PVC, ou até mesmo através do uso de recipientes, como balde, em instalações residenciais ou comerciais.

“Com a utilização desses aparelhos a umidade do ar é condensada e enviada para o ambiente externo, essa água uma vez canalizada podem receber um melhor destino como a irrigação de áreas verdes, ajardinadas e cultivos, contribuindo diretamente para a sustentabilidade que tanto almejamos, evitando a utilização de água potável para tal finalidade.” (CARVALHO et al, 2012)

Esse tipo de projeto não é difícil de ser realizado e seu custo é bastante viável, pois tanto o material como a mão de obra são baixos, tornando assim possível que toda e qualquer pessoa seja capaz de realizá-lo.

2.2 Dispositivos disponíveis no mercado.

2.2.1 Máquina EcoloBlue 30E

A empresa EcoloBlue produz comercialmente dispositivos aptos a remover a umidade do ar. A mesma utiliza um sistema de refrigeração por compressão de vapor, onde o ar atmosférico é pressionado pelo evaporador do equipamento onde a água é condensada e depois direcionada para vários filtros e por fim é concedida para o usuário. A empresa afirma que o aparelho é capaz de obter 30 litros de água por dia, dependendo do nível de umidade do local, onde necessita em torno de 380 watts de potência elétrica para funcionar. Além de ligado à rede, o equipamento é capaz de funcionar utilizando painéis solares, turbinas eólicas e geradores a gás como fonte de eletricidade, possibilitando que a máquina opere desconectada do grid. Em condição de clima muito seco e frio, a capacidade de a máquina de gerar água se torna mínima. [3]

Figura 6. Dispositivo EcoloBlue 30E.



Disponível em: www.ecoloblueblog.com

2.2.2 TTK 75 ECO

A empresa TROTEC produz o dispositivo TTK 75 ECO utilizando o princípio de compressão de vapor.

“O mais utilizado ciclo de refrigeração é o de compressão a vapor. Nesse ciclo, o fluido refrigerante na forma de vapor é comprimido, atingindo uma pressão e temperatura suficiente para que a condensação ocorra numa temperatura acima do ambiente, de forma a rejeitar calor para o meio. Depois de condensado o fluido refrigerante sofre uma expansão, normalmente através de uma válvula de expansão, e o mesmo se evapora.” (MARTINS, 2004)

O aparelho funciona por meio da aspiração realizada pelo ventilador de ar úmido através da entrada de ar forçando a atravessar o filtro, o evaporador e o condensador localizados por trás do filtro. Assim, o ar é resfriado no evaporador, que se encontra a uma temperatura reduzida, inferior à temperatura do ponto de orvalho. O vapor de água presente no ar é condensado nas aletas do evaporador. No condensador o ar frio e seco é aquecido e mandado novamente para o exterior. Mediante a constante circulação do ar através do dispositivo a umidade ambiente é reduzida no local da instalação. Consoante a temperatura e a umidade verificada no local, a água condensada escorre do evaporador para a bandeja de condensado, constantemente ou apenas durante as faixas periódicas de degelo.

Segundo a empresa, em condições de 30°C de temperatura e de 80% de umidade relativa, podem ser obtidos 20L por dia, enquanto que para condições inferiores, ou seja, de 20°C de temperatura e 60% de umidade relativa, respetivamente, podem ser atingidos 6,4L por dia de condensado. [18]

Figura 7. Dispositivo TTK 75 ECO.



3. CONCLUSÕES

O trabalho foi iniciado com o objetivo de buscar e apresentar métodos para retirada de água da atmosfera, dispositivos já disponíveis no mercado com essa função e também identificar os mais viáveis para o semiárido nordestino, visando solucionar problemas atuais e futuros com a falta de água na região.

Tomando base nas pesquisas podemos dizer que todos os métodos e dispositivos citados são viáveis para uso no semiárido. Como eles têm um desempenho bem mais satisfatório em locais que tenham temperaturas altas e oscilantes, e umidade relativamente baixa, o nosso semiárido parece o local ideal para o desenvolvimento desses mecanismos, sabendo que a umidade relativa da nossa região é entre 20% e 30%.

Para uso na agricultura podemos fazer uso dos géis que absorvem água do ar, e que através de um sistema de irrigação pode favorecer bastante essa área. Para o uso doméstico, é possível usar todos os mecanismos. Porém, para uso pessoal não podemos ingeri-la diretamente, além da utilização desses mecanismos para retirar a água do ar, a mesma ainda tem que passar por um processo de purificação, devido às impurezas presentes no ar. Ainda, como também foi mostrado, existe o aparelho EcoloBlue 30E que é um bebedouro onde a água já sai purificada.

O conhecimento e aplicações desses mecanismos é de extrema importância. A falta de água é um problema que preocupa a muitos anos, sabemos que uma hora a mesma não vai mais conseguir suprir a necessidade de todos. Logo, tendo e buscando mais conhecimento, cabe a nós encontrarmos e executarmos possíveis soluções para esse problema.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] EBESSEN, Lucas. **Escassez de água potável**. InfoEscola, 2016. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/hidrografia/escassez-de-agua-potavel/>>. Acesso em: 16 outubro 2020.
- [2] VINICIUS. **Água na atmosfera**. Monolito nimbus, 2013. Disponível em: <<https://www.monolitonimbus.com.br/agua-na-atmosfera/>>. Acesso em: 16 outubro 2020.
- [3] AQUINO, L.M. **Estudo de meios de obtenção de água potável a partir da condensação da umidade do ar**. Politécnica UFRJ, 2018. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10026170.pdf>>. Acesso em: 16 outubro 2020.
- [4] SILVA, G.; SOUSA, F. **Estudo da viabilidade da produção de água a partir do resfriamento do ar**. Scielo, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13n5/v13n05a10.pdf>>. Acesso em: 18 outubro 2020.
- [5] COSTA, Ênnio Cruz. **Refrigeração**. 3 ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1982.
- [6] MOTA, T.; OLIVEIRA, D.; INADA, P. **Reutilização da água dos aparelhos de ar condicionado em uma escola de ensino médio no município de Umuarama-PR**. Anais Eletrônico VIII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar. CESUMAR – Centro Universitário de Maringá Editora CESUMAR. Maringá – Paraná, 2011. Disponível em: <http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2011/anais/thatiane_rodrigues_mota_2.pdf>. Acesso em: 19 outubro 2020.
- [7] SAMPAIO, Franco Serighelli. **Torre de Resfriamento: Modelagem, Simulação e Testes Experimentais para Apoio ao Ensino de Engenharia Mecânica**. Brasília- DF: Universidade de Brasília, 2013. Disponível em: <http://bdm.unb.br/bitstream/10483/6042/1/2013_FrancoSerighelliSampaio.pdf>. Acesso em: 21 outubro 2020.
- [8] YANG, Hengrui et al., **Temperature-Triggered Collection and Release of Water from Fogs by a Sponge-Like Cotton Fabric**, Adv. Mater. 25, 1150, (2013)
- [9] FREM, R.C et al. **MOFs (Metal-Organic Frameworks): uma fascinante classe de materiais inorgânicos porosos**. Química nova, 2018. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=6839>. Acesso em: 5 novembro 2020.
- [10] KIM, Hyunho et al., **Water harvesting from air with metal-organic frameworks powered by natural sunlight**, 10.1126/science.aam8743 (2017)
- [11] ZHAO, F. et al. **Super moisture-absorbent gels for all-weather atmospheric water harvesting**. Adv. Mater. 2019, 31, 1806446.
- [12] ROCHA, L.C.; CACHOEIRA, R.T. **Análise de sistema de obtenção de água através de desumidificação do ar com uso de célula peltier**. CEFET/RJ, 2016. Disponível em: <<http://www.cefet-rj.br/attachments/article/2943/An%C3%A1lise%20de%20sistema%20de%20obten%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%A1gua%20atrav%C3%A9s%20de%20desumidifica%C3%A7%C3%A3o%20do%20ar%20com%20uso%20de%20c%C3%A9lula%20Pelti.pdf>>. Acesso em: 15 novembro 2020.
- [13] HENKER, E. **Estudo e construção de equipamentos desumidificadores para obtenção de água potável utilizando diferentes sistemas**. Rodrigo Química, 2012. Disponível em: <<https://rodrigoquimica.files.wordpress.com/2015/02/obtencao-de-agua-potavel-utilizando-diferentes-sistemas.pdf>>. Acesso em: 20 novembro 2020.
- [14] ANTONOVICZ, D.; WEBER, R. **Inventário e pmoc - plano de manutenção operação e controle - nos**

-
- condicionadores de ar do câmpus medianeira da universidade tecnológica federal do paraná.** ROCA, 2013. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1380/1/MD_COMIN_2012_2_10.pdf>. Acesso em: 25 novembro 2020.
- [15] RIGOTTI, P. **Projeto de aproveitamento de água condensada de sistema de condicionadores de ar.** UNIJUI, 2014. Disponível em: <<https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/2513/TCC%20PEDRO%20P%C3%93S%20BANCA%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 30 novembro 2020.
- [16] CARVALHO, M.; CUNHA, S.; FARIA, R. **Caracterização quali-quantitativa da água da condensadora de aparelhos de ar condicionado.** III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental/ IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais - Goiânia/GO – 19 a 22/11/2012. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/IX-002.pdf>. Acesso em: 30 novembro 2020.
- [17] MARTINS, P.C. **Estudo do sistema de refrigeração por compressão a vapor utilizando energia solar como fonte geradora.** Repositório da Produção Científica e Intelectual da Unicamp, 2004. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/263405/1/Martins_PaulinoCutrim_M.pdf>. Acesso em: 4 dezembro 2020.
- [18] MIRANDA, R. **Avaliação experimental da capacidade de produção de água a partir de ar atmosférico por intermédio da refrigeração por compressão de vapor.** uBibliorum, 2016. Disponível em: <https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/7786/1/5027_9879.pdf>. Acesso em: 4 dezembro 2020.