



REBENA

Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem

ISSN 2764-1368

Volume 8, 2024, p. 14 - 32

<https://rebena.emnuvens.com.br/revista/index>

Aproveitamento de água condensada em uma sociedade consciente

Using condensed water in a conscious society

José Gicelmo Melo de Albuquerque¹

Submetido: 02/11/2023 Aprovado: 05/01/2024 Publicação: 23/01/2024

RESUMO

Reconhecendo que a água é um recurso vital para a vida humana e fundamental para a sobrevivência dos seres vivos. Diante da escassez que já se apresenta como um problema em determinadas regiões, adotar práticas sustentáveis e racionais e para o reuso da água são cada vez mais desenvolvidas nos últimos anos. A elaboração desse trabalho é apresentar um estudo sobre a água condensada dispensadas pelos condicionadores de ar e quais os meios na reutilização e captação dessa água, de forma racional e sustentável. Utilizamos um estudo de caso disponibilizado por autores que realizaram experimentos para efetivar sistemas para a captação da água de acordo com as normas definidas na legislação. Com o intuito de demonstrar a viabilidade em relação à grande quantidade de água condensada que são produzidas pelos aparelhos condicionadores de ar, evidenciando que essa prática pode ser aplicada em diferentes contextos como edifícios, condomínios, comércios, residências entre outros. E a canalização dessa água tem capacidade de realizar o reaproveitamento em diferentes cenários tais como lavagem de áreas comuns, carros, irrigar jardins entre outros.

Palavras-chave: Reuso da água. Ar condicionado. Condensadores.

ABSTRACT

Recognizing that water is a vital resource for human life and fundamental for the survival of living beings. Faced with the scarcity that already presents itself as a problem in certain regions, adopting sustainable and rational practices and for the reuse of water are increasingly developed in recent years. The elaboration of this work is to present a study on the condensed water dispensed by air conditioners and what are the means in the reuse and capture of this water, in a rational and sustainable way. We used a case study made available by authors who carried out experiments to implement systems for capturing water in accordance with the norms defined in the legislation. In order to demonstrate the feasibility in relation to the large amount of condensed water that are produced by air conditioners, showing that this practice can be applied in different contexts such as buildings, condominiums, shops, residences among others. And the channeling of this water has the capacity to reuse it in different scenarios such as washing common areas, cars, irrigating gardens, among others.

Keywords: Water reuse. Air conditioning. condensers.

¹Professor de História da rede pública de Educação do Estado de Sergipe. Mestre em Ciências da Educação - Universidad Interamericana na cidade de Assunção/PY. Doutor em Ciências da Educação - Universidad Tecnológica Intercontinental (UTIC) em Assunção/PY. gicelmoalbuquerque3355@outlook.com

1. Introdução

Como consenso global a água tem fundamental importância para equilibrar todos os ecossistemas, e denota um recurso primordial para a sobrevivência tanto dos humanos quanto natureza e animais, sem a água não existiria condições para a vida. Rigotti (2014) pontua que diante do uso massivo e a ausência de tratamentos dos rejeitos da água para efetivar o seu reuso, já registramos a falta de água em diversas regiões do Brasil, demonstrando que sem essa conscientização esse recurso poderá se tornar escasso.

Podemos reconhecer a importância e o uso da água em todas as atividades cotidianas. Tanto na terra quanto no ar, e entre os seus benefícios podemos destacar a sua relevância para a utilizada na agricultura, nos lares, indústrias, edifícios e sua presença em nosso próprio corpo. Porto-Gonçalves (2004) discorre que a vida tem seu fluxo por meio dela, bem como os seres vivos dependem de sua existência para sobreviver.

De acordo com Barros (2005) a nossa sobrevivência se relaciona com a água, entretanto essa constatação só foi analisada com a escassez vivenciada em regiões em que não havia a sua falta, de modo que não era sentido a sua importância até então. Diante desse cenário fomentou a necessidade imediata do uso racional da água e o crescimento de estudos para seu reaproveitamento.

Nas últimas décadas essa demanda tem aumentado significativamente, com programas em empresas e por pessoas que demonstram preocupação com o meio ambiente, que tem aumentado a busca por alternativas para o reaproveitamento da água. E a implantação de recursos para a reutilização da água prevê uma redução relativa em seu consumo.

O tema abordado nesse trabalho tem foco nos aparelhos de condicionadores de ar que produzem uma quantidade relativa de água condensada que pode ser utilizada para limpeza, irrigação, lavagem de carros, janelas, áreas comuns entre outros. Nesse sentido, reconhecendo que existe um desperdício percentual de água, abordaremos análises e protótipos para que a canalização da água condensada dos condicionadores de ar possa ser dimensionada a espaços públicos como hospitais, faculdades, escolas, residências prédios e outros espaços.

Denotando-se como um recurso imprescindível para a sobrevivência para todas as formas de vida na Terra, contribuindo para o bem estar e o aspecto econômico de um país. Destarte, Silva e Pruski (2000) pontuam que cada vez mais a água tem se tornado um desafio para acessá-la com qualidade e quantidade satisfatória. Paz (et al, 2000) discorre que mesmo a água se apresentar abundante no planeta, nota-se que apenas uma pequena parcela está adequada para o consumo humano, e com o crescimento populacional no mundo e seus avanços ela tem se tornado escasso, tanto no aspecto qualitativo, quanto quantitativo.

Contudo, atualmente esse recurso natural tem se tornado cada vez mais escasso, tanto nos aspectos quantitativos, quanto no qualitativo. Campos e Studart, 2001; Fontana et al, 2015 destacam que o uso não sustentável da água, tem asseverado sua demanda que esse recurso já prevê uma população superior do que temos disponível na Terra. Diante dos inúmeros usos como o cotidiano das pessoas, a produção agrícola e outras necessidades pertinentes na humanidade.

Paz (et al., 2000), Costa e Barros Júnior (2005) ressaltam que, se não for realizadas alterações no uso e manejo da água, de forma racional e a adoção de medidas sustentáveis, essa escassez de água potável pode atingir populações mais expressivas em diferentes lugares na Terra, discorrendo em miséria e fome. Consoante com a Conferência Agenda 21 (1992), as reservas hídricas com qualidade e apropriada para o consumo humano, tais como lençol freático, rios e lagos entre outros, ainda são limitadas diante das constantes atividades antrópicas que poluem essas reservas.

MMA (2006. p 10) cita que, nos últimos 50 anos, o ser humano alterou os ecossistemas de forma mais extensa e rápida que em qualquer outro período histórico da humanidade, geralmente em busca de suprir rapidamente crescente demanda por água potável, alimentos, fibras e combustível, madeira. Causando uma perda substancial, irreversível, e que impactou na diversidade da vida no planeta.

Nunes (2006) evidencia que, a água se caracteriza como um bem de uso amplo e utilizado por todos e um recurso insubstituível, o que aponta que é necessário desenvolver habilidades, conhecimentos e procedimentos para realizar o uso racional da água, com a conscientização da conservação desse recurso primordial para a vida na terra. Nunes (2006) acresce que o termo conservação de água requer ações para o uso controlado e eficiente do recurso que contempla tanto o uso racional quanto o reuso.

Mendes et al (2021) destacam a necessidade de introduzir nas escolas o tema água, outro ponto a ser destacado é que a gestão dos recursos hídricos no Brasil, é extremamente frágil, demanda uma formação de cidadãos com capacidade de analisar de forma crítica o uso da água bem como, cobrar providências das autoridades.

Uma vez que a água circula não somente pelos oceanos, rios e lagos etc., mas também pelo ar, e sofre mudanças de estado físico nos aparelhos condicionadores de ar, isto é, a água no estado gasoso, quando entra em contato com os tubos de metais em baixas temperaturas se condensa, com a perda do calor e se torna líquida, e é expelida por dutos instalados nos equipamentos de ar condicionado.

2. Referencial Teórico

Foi patenteada em 1834, a primeira máquina de refrigeração com origem inglesa. Por meio de um sistema de funcionamento comparado ao das atuais máquinas de refrigeração mecânica.

No final do século XIX os equipamentos de refrigeração mecânica utilizados eram ineficientes, e promoviam grandes despesas por demandarem a assistência de um engenheiro para efetivar a sua operação, limitando o uso nas indústrias de grande porte. Gonçalves (2005) descreve que com a popularização da energia elétrica nas residências e o desenvolvimento dos motores elétricos que teve início em 1900, a refrigeração passou a ser cada vez mais popular no mundo todo.

De modo que refrigeração aumentou de tal maneira no último século que passou a ocupar os mais diversos campos. Rodrigues (2010) discorre que os campos de refrigeração e ar-condicionado estão interligados, mesmo que cada um tenha uma área específica para atuação. No entanto, em termos de uso, os condicionadores de ar podem se dividir em duas categorias, indústrias e conforto.

Antonovicz e Weber (2013) explanam que em 1902, o engenheiro norte – americano Willys Carrier elaborou um processo mecânico para condicionar o ar, usados para controle de temperatura de ambientes. Essa ideia discorreu para resolver o problema de uma empresa de Nova York em detrimento ao clima quente na região e a presença do ar úmido, acarretava nas impressões manchas e borrados. Gerando o primeiro modelo de condicionador de ar, constituído por um equipamento que através dos dutos resfriava o ar de maneira artificial.

Com base nesse sistema desenvolvido, muitas empresas de diversos campos adotaram esse esquema de circulação através dos dutos resfriados artificialmente. No entanto, essa invenção foi lenta para se popularizar, apenas em 1914, Carrier desenvolveu um dispositivo que atendia o público residencial, e nesse período os aparelhos de ar-condicionado eram maiores e mais simples dos que encontramos atualmente no mercado. Antonovicz; Weber (2013) cita que no corrente ano foi desenhado o primeiro condicionador de ar hospitalar com a finalidade de aumentar a umidade do ar.

Na década de 1920, os aparelhos de ar-condicionado começaram a se popular nos Estados Unidos, e passaram a ser instalados em locais públicos. Sendo um evento de grande importância para a indústria cinematográfica, devido à alta temperatura das salas que sempre ficavam vazias. Antonovicz; Weber (2013) discorre que, na próxima década, Carrier criou um sistema de condicionadores de ar para edifícios arranha céu que possuía uma distribuição em alta

velocidade por meio dos dutos e ocupava espaços menores em relação aos sistemas existentes na época.

Por volta de 1950, com o crescimento desse setor fomentou a criação de aparelhos de condicionadores de ar residenciais a primeira produção em massa. Com bons resultados e que encerrou o estoque em duas semanas apenas. Antonovicz; Weber (2013) explica que na década de 1960, os aparelhos de ar-condicionado eram conhecidos estimulando um mercado de extensão mundial, que atualmente continua se desenvolvendo tecnologicamente.

2.1 Definição do ar-condicionado

De acordo com Araujo (2011) os condicionadores de ar são equipamentos projetados para climatizar o ar de um recinto; mantendo a temperatura e umidade do ar controladas, deixando o ambiente em temperaturas agradáveis e criando um conforto térmico tanto de aquecimento quanto de resfriamento.

Gonçalves (2005) explica que eles podem ser instalados em janelas, paredes etc., com o intuito de fornecer o conforto térmico para ambientes fechados, é um aparelho que consiste em um sistema de refrigeração e desumidificação por meio da circulação e filtragem do ar, ainda podendo ser incluído renovação do ar e aquecimento.

Segundo Antonovicz e Weber (2013), o ar-condicionado é simplesmente uma geladeira sem o seu gabinete. Usa a evaporação do fluido refrigerante para fornecer refrigeração. Ambos os aparelhos geladeira e ar-condicionado consistem no mesmo mecanismo de ciclo de refrigeração.

2.1.1 Tipos de sistema de ar-condicionado

O ar-condicionado atende a diferentes necessidades. De modo que, os equipamentos se apresentam de pequeno, médio ou grande porte e com distintas capacidades. Na utilização, esses podem ser classificados como comerciais, industriais ou residenciais.

2.1.2 Ar-condicionado tipo janela (ACJ)

Os aparelhos de ar-condicionado no modelo janela são denominados de parede ou janelheiro. Antonovicz; Weber (2013) cita que a potência desses produtos é baixa, e pode ser encontrados no mercado com capacidade que varia de 7.000 Btu/h até 30.000 Btu/h ().

E demanda o contato direto com o ar externo, uma vez que, a rejeição do calor é desenvolvida pelo condensador. Oliveira; Martins (2014) descreve que o aparelho necessita eventualmente uma instalação na parede externa sem pilares, tubulações, eletrodutos ou vigas. E se necessário a umidificação pode ser realizada por um equipamento separado.

Stoeker e Jones (1985) pontuam que, esse modelo de ar-condicionado é compacto uma vez que, os seus componentes compõem um único equipamento. E o som do funcionamento do equipamento é ouvido no ambiente, devido aos mecanismos provocarem ruídos que não são isolados.

No que tange as vantagens do ar de janela em relação às outras séries de condicionadores de ar se centraliza no valor relativamente baixo para a sua aquisição em detrimento aos demais, no entanto, ele é mais compacto, pois a condensadora, o compressor e a evaporadora concentram-se no mesmo gabinete e possui facilidade para instalação.

2.1.3 Ar-condicionado do tipo Split

Split oriundo do inglês significa “dividir”, ao contrário do modelo de ar-condicionado do tipo janela (ACJ) que os seus componentes compõem um único equipamento, o ar-condicionado o split se divide em duas partes, a condensadora externa a evaporadora interna. O modelo se popularizou expressivamente nos últimos anos, devido a sua condensadora ser externa, de modo que nível de ruído foi reduzido na parte interna do ambiente.

Oliveira e Martins (2014) esse sistema possui quatro tipos de evaporadores (Hi-Wall, Piso teto, Cassete e Dutado). No mercado existem compressores de rotação fixa ou variável e condensadores de descarga vertical ou horizontal.

2.1.4 Hi- Wall

Os modelos split o Hi-Wall mais popular, pode ser instalado no alto da parede e são adequados para pequenos estabelecimentos e residências. Antonovicz; Weber, (2013) destaca que na atualidade eles podem ser encontrados com design mais sofisticado e com evaporadoras menores, e com custos mais baixos para instalação Oliveira e Martins (2014) aponta que os níveis de ruído do componente externo podem variar de 34,7 a 58 dB e sua massa de 19 a 66 kg, de acordo com o modelo e sua capacidade.

Na questão do ar-condicionado tipo janela (ACJ), o Hi-Wall apresenta maior custo de instalação, devido aos furos que devem ser feitos na parede para a passagem dos tubos, com base que deve ser fixada na parede externa da casa onde fica a condensadora. E a distância do tubo da unidade interna e a unidade externa serão definidas por cada fabricante. Antonovicz; Weber (2013) define que a capacidade desses equipamentos podem ser entre 7.000, 7.500, 8.500, 9.000, 12.000, 18.000,

2.1.5 Piso teto

Oliveira; Martins (2014) discorre que a principal característica desse modelo esta na possibilidade de aproveitar amplamente o espaço, pelo fato de possuir um método de instalação muito versátil, e pode ser instalado na parede, no chão, ou no teto, promovendo maior espaço para a circulação de pessoas ou objetos.

Antonovicz; Weber (2013) descreve que a instalação é ideal em ambientes de médio e grande porte, tanto residenciais ou comerciais. Diante de a vazão ser maior que as dos aparelhos Hi-Wall, e são sugeridos para ambiente que tem aglomeração de pessoas e alta circulação.

Oliveira e Martins (2014) destacam que as capacidades desses equipamentos têm normalmente variações de 17.000 a 60.000 Btu/h, e o nível de ruído do componente externo vai de 48 a 62 dB e com mssa de 23 a 115 kg, de acordo com o modelo e sua capacidade.

2.1.6 Cassete

Oliveira e Martins, 2014 especificam que o modelo cassete de ar-condicionado contém cerca de uma, duas ou quatro vias para saída do ar, e pode ser instalado no teto ou forro com uma distribuição de ar no ambiente mais efetiva.

Como principal característica desse modelo esta na possibilidade de embuti-lo no teto, e permite o controle no fluxo de ar em suas aletas de forma separada Antonovics; Weber (2013) acrescenta que o modelo é indicado nos ambientes de médio porte tanto em espaços comerciais quanto em residências.

2.1.7 Dutado (Built in)

Antonovics; Weber (2013) descreve que, esse modelo de ar-condicionado normalmente é sugerido em ambientes maiores como salas comerciais, consultórios, escritórios, Shoppings, casas de shows e outros, que requer a circulação uniforme do ar, ou seja, distribuído em vários ambientes que demandam semelhante sensação de conforto de modo simultâneo.

Oliveira e Martins (2014) ressaltam que na instalação o entre forro requer um espaço liberado, que podem variar em detrimento das capacidades do fabricante e as características da evaporadora. A instalação desse modelo pode ser realizada em sancas de gesso, consoles maleiros, consoles e outros.

Rigotti (2014) discorre que a água que sai pelo sistema de drenagem, normalmente é jogada diretamente no ambiente externo, que pode ser uma calçada, jardim, ou na rua. Entretanto, o que parece simples pode se tornar um grande problema, uma vez que a água gotejando por muito tempo, e sem a manutenção adequada, acarreta acúmulo em pequenas poças, gerando locais propícios para a proliferação de mosquitos, e promove o surgimento de lodo no local, que podem acarretar acidentes com pedestres.

Na visão da engenharia civil, podemos evidenciar outro grande problema que se trata da degradação da estrutura da edificação, tais como as marquises, pelo constante contato com a água, ainda que em pequenas quantidades diárias, são passíveis de problemas na estrutura.

Verçoza (1991) assevera que a umidade em construções denota uma das mais difíceis questões a se corrigir, e que não se limita a uma patologia, mas gera o surgimento de outras, tais como o bolor e mofo e bolor, que necessitam de umidade e calor para se manifestar. De modo que, essa água gotejando por diversas horas se apresente como um problema sem solução, porém ao fim de um dia de um aparelho de ar condicionado em funcionamento, dispensando gotas somam vários litros de água, sendo possível realizar o seu reuso por distintos fins sustentáveis.

Carvalho (2012) ressalta ainda que a água condensada no interior do aparelho, contrariando o senso comum, não apresenta tipo de contaminação em sua operação. Contudo, a água não é potável, porque o sistema condensa o ar do ambiente, de modo que pode ser encontrado impurezas, nas análises realizadas foi considerado que a água proveniente dos aparelhos se enquadra nos padrões mínimos de acordo com a Portaria nº 2.914 de 12/12/2011.

Apresentando um grande potencial para reuso da água escoada dos aparelhos de ar condicionado, como uma alternativa viável para reutilização, colaborando com a preservação do recurso natural e reduzindo gastos com o uso de água para limpeza e outras atividades.

3. Fonte Alternativa de Água

A água de condensação deve ser vista como uma fonte alternativa e não um reuso de água como observado nas literaturas pesquisadas: Akran (2018); Pengyu, (2015); Mota, Oliveira, Inada (2011) descreve que a água de condensação deve ser concebida como uma fonte alternativa e não como reuso como citado nas literaturas.

Em um estudo desenvolvido por Abdulghni (2014) em Dhahran, Arábia Saudita, demonstrou que esse líquido em regiões úmidas e quentes apresenta vantagens, especialmente as temperaturas de bulbo seco e umidade relativa variam de 25 a 50 ° C e de 15 a 90%, respectivamente durante os meses de verão. Nos estudos de Fritzsos, Mantovani e Wrege (2017) apresentaram semelhantes características que também são observadas em determinadas regiões do Brasil.

3.1 Modelos utilizados para coleta de água

O termo reuso de água estimulou muitas pesquisas e trabalhos, especialmente nos países que apresentavam maior escassez desse recurso. Hespanhol (et al., 2005) pontua que geralmente, o reaproveitamento da água ocorre nas dá nas indústrias e na agricultura que recebem um tratamento diferenciado conforme o fim que se destina.

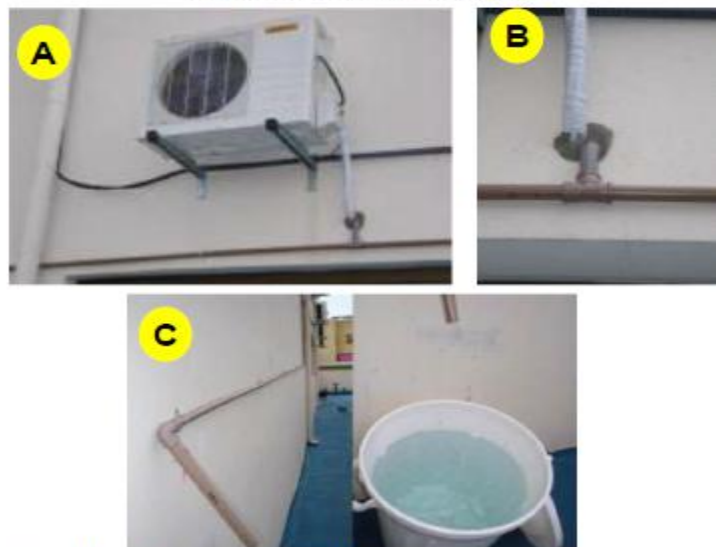
Hespanhol (et al., 2005) aborda o segmento da construção civil que se envolveu nessas práticas de preservação ambiental uma vez que confirmou que construir de forma consciente reduz custos e promove engajamento na indústria verde.

3.1.1 Modelo I - Mota, Oliveira e Inada (2011)

O modelo proposto por Mota, Oliveira e Inada (2011), foi aplicado em uma escola de ensino médio. Consiste na captação de água e concentração em recipiente. Classifica a ação como solução ambiental sustentável o que contribui para a formação dos discentes.

A água armazenada é usada para regar o jardim manualmente, lavar panos de limpeza e calçadas sem apresentar um protótipo específico para tais finalidades

Figura 1 – A. Unidade externa B. Dreno C. REservatório



Fonte: Mota, Oliveira e Inada (2011)

3.1.2 Modelo II - Bastos e Calmon (2013)

O aproveitamento da água descartada pelos condicionadores de ar também pode ser planejado ainda na fase de projeto das edificações. Há uma tendência nesse sentido na construção de novos empreendimentos dando enfoque ao desenvolvimento sustentável. Quando as edificações atendem requisitos preestabelecidos podem ser contemplados com certificados que atestam o uso de conceitual do desenvolvimento sustentável, o que tende a valorizar os imóveis.

Figura 2 – Modelo bastos e calmon

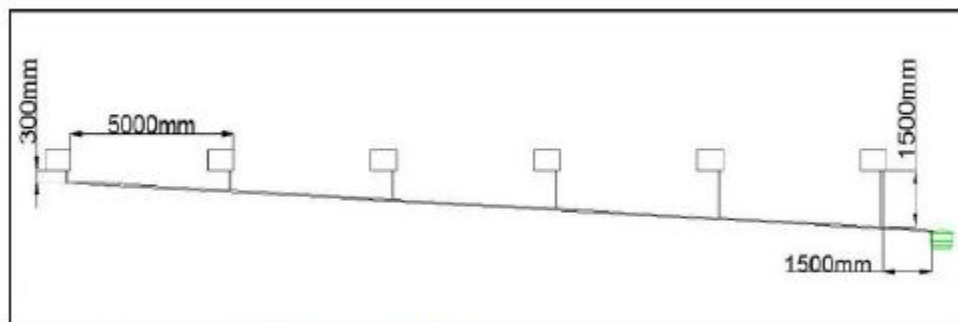


Fonte: Bastos e Calmon (2013)

3.1.3 Modelo III - Fortes, Jardim e Fernandes (2015)

Fortes, Jardim e Fernandes (2015) propõem um sistema para aproveitamento de água residual de condicionadores de ar concentrando esse líquido em reservatório para posterior uso em lavagem, jardinagem, dentre outros. Faz uso da pesquisa de Mota, Oliveira e Inada (2011), acerca da qualidade da água para justificar o uso apropriado na jardinagem.

Figura 3 Modelo fortes, Jardim e FERNANDES



Fonte: Fortes, Jardim e Fernandes (2015)

Segundo esse modelo tem-se um investimento inicial estimado de R\$ 818,10, com período de retorno do investimento de aproximadamente 6,76 anos. Entretanto, não fora construído um protótipo para tal finalidade e sim um sistema composto por tubos, conexões e reservatórios.

3.1.4 Modelo IV - Batista, Cezar e Nascimento (2015)

A água produzida condicionadores de ar é resultado do processo de condensação das partículas de água existente no ar ambiente. Apesar de ser uma pequena quantidade, 340 ml por hora em aparelhos de 12.000 BTU, não é desprezível (CEZAR, NASCIMENTO, BATISTA, 2015).

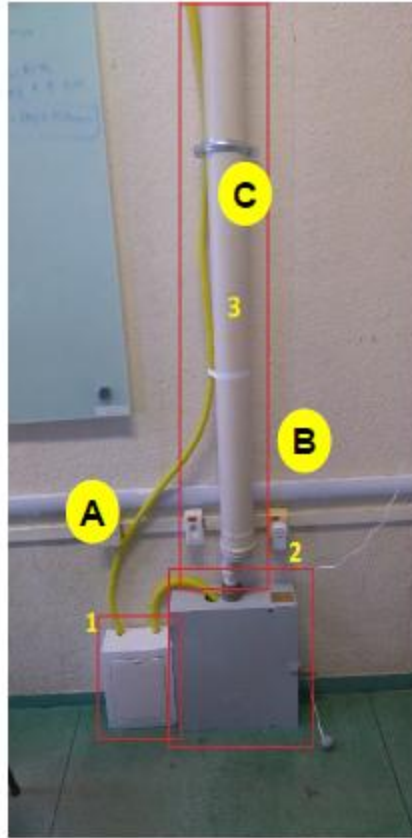
Em uma residência pode ser produzido em média 3.900,8 litros, ou seja, aproximadamente 3,9 m³ de água anualmente, considerando-se 2 (dois) equipamentos trabalhando 8 horas diárias, segundo a equação 1.

$= 365 \times \times h \times [1]$ Onde: • – quantidade de água produzida em um ano; • – número de equipamentos; • h – horas diárias de funcionamento; • – volume produzido por equipamento por hora.

O valor do protótipo funcional proposto por Batista, Cezar e Nascimento (2015), foi de R\$ 237,80. Considerando-se R\$ 2,81 o valor do metro cúbico médio da água tratada cobrado no Brasil e somados a taxa de esgoto, 80% desse valor, tem-se R\$ 5,05 por metro cúbico. A economia por ano seria neste caso de R\$ 19,70. Desta forma tem-se um retorno de investimento em aproximadamente 12 anos. A B C 26 Observa-se uma quantidade significativa produzida em

um ano, 3.900 litros. O valor do protótipo funcional ainda se mostra elevado, além de possuir limitações quanto à instalação e manutenção.

Figura 4 – Modelo CEZAR, NASCIMENTO, BATISTA



Fonte: Batista, Cezar e Nascimento (2015),

3.1.5 Modelo V – Gomes e Reis (2016)

Gomes e Reis (2016) constataram em seus estudos que a produção de água descartada por condicionadores de ar, somaria 36 unidades e diferentes modelos, de aproximadamente 20 m³. Nesse contexto, a redução de custos seria de aproximadamente R\$ 272,00 por mês ou R\$3.264,00 por ano apenas com o quantitativo de aparelhos. No entanto, não foi abordada a elaboração de protótipo de aproveitamento da água produzida.

Figura 5 – Modelo V – Gomes e reis



Fonte: Gomes e Reis (2016)

4. Metodologia

Para realizar esse estudo abordamos diversas pesquisas realizadas por estudiosos que disponibilizaram modelos e protótipos para implementação de modelos para efetivar o reuso da água para isso foi realizada pesquisas de conhecimento científico através de pesquisa e revisão bibliográfica sobre a água produzida por condicionadores de ar, a fim de encontrar informações referentes à qualidade da água, a maneira e a quantidade produzidas e as propostas para o reaproveitamento desse recurso.

De forma que encontramos sistemas e materiais necessários em sua implementação. Com estudos na construção de subsistemas de coleta e armazenamento, distribuição e irrigação e controle gerando o protótipo para confirmar testes realizados em campo.

4.1 Visão geral do protótipo

O protótipo tem seu funcionamento dividido em 5 subsistemas: Hardware, Software, Coleta e armazenamento, Distribuição e Irrigação. E esses subsistemas se interligam como apresentado no diagrama abaixo, em blocos:

Figura 6 – Diagrama em blocos metodologia



De modo que fluxo de água na irrigação se mantém no subsistema de distribuição e possui suas válvulas que são controladas pelo hardware e software de acordo com a configuração determinada pelo usuário.

No subsistema de coleta e armazenamento que se constitui pelo reservatório e as tomadas de água do condicionador de ar e por meio de uma fonte convencional, água pluvial ou da torneira, que tem a função de suprir a demanda de água não atendida com a pequena quantidade produzida pelos condicionadores de ar, e que é controlada conforme o nível de água no reservatório. Destacando que, esse sistema não realiza o bombeamento, a irrigação ocorre pela gravidade.

5. Subsistema de Hardware

Herrera, Mamani, Villalobos (2017) discorrem que, o Hardware de supervisão e controle atua para seleção as plataformas de desenvolvimento de sistemas embarcados as quais foi selecionada para o desenvolvimento do sistema a NodeMCU. Trata-se de uma plataforma de desenvolvimento baseada no micro controlador Esp8266 e pode ser programado na IDE Arduino. .

O módulo NodeMCU, em comparação as demais plataformas de desenvolvimento, se categorizou mais apropriada por possuir, um sistema integrado na própria placa, e contém os periféricos: Antena Wi-Fi; Módulo ESP8266; Regulado de tensão 3,3Vcc, Conversor USB/serial e Conector mini-USB para programação e alimentação. Que contribuiu para a construção de um protótipo compacto.

Tanto na redução no tamanho do protótipo, a integração de periféricos possibilita uma confiabilidade melhor durante a fase de desenvolvimento especialmente por minimizar os erros causados em falhas por mau contato. As portas GPIO (General Purpose In Out) do NodeMCU, num total de 13, funcionam com nível de tensão de 3,3 Vcc drenando até 15 mA. O acionamento das válvulas de controle de vazão requer um módulo relé, que opera em nível de tensão de 5 Vcc, nesse caso foi necessário utilizar um conversor 5 Vcc/3,3 Vcc, para o acoplamento elétrico entre os dispositivos.

5.1 Subsistema de Software

O software do sistema que se divide em dois módulos: gerenciamento de hardware e aplicação Web. Sendo que o primeiro foi desenvolvido na linguagem de programação C e o segundo também em C e com HTML e CSS aplicadas respectivamente para a marcação de hipertexto e formatação da interface Web. O módulo de gerenciamento de hardware gerado, na plataforma Arduino IDE. Correia, Rissino, Rocha (2016); Ishikawa (et Al., 2017); Mamani, Herrera, Villalobos, (2017) ressaltam que, essa plataforma tem ampla capacidade para o desenvolvimento de sistemas embarcados e em vários trabalhos de pesquisa realizados na comunidade acadêmica.

Colaborando na escolha dessa plataforma que possui distribuição gratuita e simplicidade para o seu uso devido às bibliotecas de gerenciamento de periféricos disponibilizadas, auxiliando com menor tempo para o seu desenvolvimento. No desenvolvimento da aplicação Web foi adotada a plataforma Bootstrap. COSTA, (2014) explana que Bootstrap é um framework open-source compatível com HTML e CSS gerado pela equipe do Twitter, com o objetivo de contribuir no desenvolvimento de web sites responsivos.

O contador interno do ESP8266 juntamente com a aplicação da Network Time Protocol - NTP permitiram a implementação de um relógio calendário via software, eliminando o uso do Real Time Clock – RTC, periférico externo normalmente utilizado em sistemas embarcados para referência de tempo do sistema.

Entretanto, o inconveniente de se usar o RTC via hardware que se trata de um item adicional, que aumenta em volume, demanda a adição de outro mecanismo para realizar o ajuste do mesmo, impactando no uso do sistema que se torna mais complicado para o cliente. Com a implementação do RTC via software, em conjunto com o NTP, viabiliza o ajuste de horário no momento em que o sistema é energizado, e pode também, sofrer atualizações de horário periodicamente de acordo com o que for definido pelo programador.

Com a aplicação do protocolo NTP engloba o requisito de acesso ao sistema de gerenciamento de tempo, que pode ser local ou agregado a sites específicos governamentais específicos para essa finalidade. Com protótipos construídos com acesso via Internet.

5.1.1 Subsistema de Coleta e Armazenamento

Entre as opções de material para confecção do subsistema de coleta e armazenamento destacamos os componentes em PVC existentes no mercado. Pelo tempo e pela facilidade para construir o protótipo, e o tipo de material deve ser considerado na concepção de produto que construído precisa ser compatível com outros itens disponíveis no mercado para que as suas funcionalidades sejam atendidas.

De modo que, o reservatório com tubo de PVC 100 mm fabricado para esgoto. Trata-se de um componente mais apropriado pelos seguintes fatores: a) Características técnicas de pressão máxima 6 mca e temperatura máxima 45°C; b) Menor preço, metro linear X capacidade volumétrica, tabela 2; c) Tê de inspeção 100 X 75 mm, bitola existente no comércio; d) Limitação no modo de instalação embutido.

Bem como, a capacidade volumétrica útil do reservatório é definida pela altura h , que compreende a coluna de água formada entre saída de água para o subsistema de distribuição e a tomada de água do dreno do condicionador de ar

Outro aspecto do subsistema que ele possui duas tomadas de água distintas, uma de água coletada do dreno dos condicionadores de ar e a outra coletada da fonte convencional. Esse reservatório pode ser instalado embutido ou sobreposto à alvenaria. Asseverando que quando instalado embutido, o seu diâmetro se limita a 100 mm, uma vez que, as paredes em alvenaria têm em média, 150 mm, considerando o acabamento.

5.1.2 Subsistema de Distribuição

Para a distribuição de água é regulada por válvulas eletrônicas, que são acionadas conforme os horários programados, na operação do sistema de forma automática ou controladas diretamente pelo usuário, quando atua no modo manual. Essas válvulas se concentram em um conjunto de três unidades e tem a capacidade de atender até três setores para realizar a irrigação com tensão de funcionamento de 127 V.

Para acionar as válvulas é preciso utilizar um módulo de potência, com 4 relés, que devem ser acionados pelo micro controlador ESP8266 através do conversor de tensão. “Para o subsistema de irrigação também podem ser adotadas mangueiras de 5/8” que facilitam o acoplamento das mesmas e as saídas do sistema de distribuição conduzindo a água ao destino pretendido. Sendo possível que água seja diretamente levada as raízes de plantas.

6. Resultados e Discussão

A plataforma NodeMCU escolhida como hardware se mostrou uma boa escolha atendendo os requisitos de número de GPIO necessários, baixa incidência de falhas de mau contato em razão da integração de periféricos na própria placa o que também contribuiu para construção de um protótipo mais compacto.

Entretanto, as portas GPIO dessa plataforma, funcionam com nível de tensão de 3,3 Vcc, incompatível com o nível de tensão para acionamento das válvulas de controle de vazão. Foi necessário um módulo relé, que opera em nível de tensão de 5 Vcc em conjunto com um conversor 5 Vcc/3,3 Vcc, fazendo o acoplamento elétrico entre os dispositivos.

O sistema WiFi já integrado no NodeMCU possibilitou o ajuste de horário do sistema via protocolo NTP, descartando assim o uso de relógios de tempo real como base de tempo do sistema. Com a utilização do NTP o ajuste de horário foi programado para ser realizado na energização do protótipo. A escolha de componentes de PVC do protótipo conforme disponíveis no comércio trazem uma boa aproximação desse a um possível produto comercializável no diz respeito a suas características físicas. A massa epóxi apresentou boa aplicação no protótipo.

Esses itens apresentaram maior eficiência na rigidez mecânica e vedação, sem a presença de infiltrações com a realização de testes funcionais realizados nos estudos.

7. Considerações Finais

Nesse estudo podemos identificar uma alternativa de otimização do aproveitamento da água descartada que podem contribuir efetivamente para a conservação da água por meio de práticas como a de irrigação localizada e impactando no micro clima urbano.

Diante dos diversos estudos abordados sobre o aproveitamento de água descartada por condicionadores de ar, não encontramos muitas propostas de modelos de protótipos otimizadas para o uso desse líquido, sendo apontado que para a utilização da água ainda são pouco eficientes o que demanda a intervenção humana para realizar uso da água, e como vimos são poucos os protótipos desenvolvidos em que o usuário possa gerenciar o uso da água de modo automatizado.

Lembrando que para efetivar e desenvolver protótipos é preciso considerar materiais compatíveis e adequados para contribuir na redução de impactos no meio ambiente, e de fácil manejo aos usuários com mais praticidade e sem demandar muito tempo o que pode desanimar a realização de práticas voltadas para a preservação da água, sendo que a tecnologia tem grandes projetos que requer investimentos para automatizar esses processos. Por outro lado, é necessário

e viável o aproveitamento de água descartada por condicionadores de ar, para uso que não seja para consumo humano.

DEDICATÓRIA

“Dedico este artigo aos alunos das Equipes **Análise da Água**, composta por: ESDRAS TELES DOS SANTOS, IZABELLY MANUELA FRAGA SANTOS, LUIZ FELIPE DE SANTANA COUTO, ROBSON SILVA ROCHA, WADSON RONALDO SANTOS SALES, e **Produção de Água**, formada por: BRAYAN VIEIRA SANTOS, DENIELTON LIMA ALVES, ERICKA VITÓRIA SILVA FREIRE, KAIO HENRIQUE SANTOS PRATA, LETICIA GABRIELA CARVALHAL RAMOS, e MAIKON DOUGLAS SOUZA CASTRO, todos estudantes do 1º Ano C, Ensino Médio Integral, matriculados no Centro de Excelência Leandro Maciel, Aracaju/Sergipe, ano letivo de 2022, pela brilhante participação na I Feira de Ciências do Leandro Maciel, com o **Projeto Aproveitamento de Água Condensada em uma Sociedade Consciente**, pois sem eles, este trabalho não se realizaria.”

Referências

ABDULGHANI, A., et al. **Condensate as a water source from vapor compression systems in hot and humid regions**. Desalination n. 349, p. 60 -67, 2014, ISSN: 0011-9164. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/journal/00119164>>. Acesso em: 03.05.2022

AKRAM, W., et al. **Recycling of Condensed Water from an Air Conditioning Unit**. 2018 International Conference on Computer, Communication, Chemical, Material and Electronic Engineering (IC4ME2), Rajshahi - Bangladesh, 2018. pp. 1-5. Disponível em: < <https://www.researchgate.net/publication/323280047>>. Acesso em: 03.05.2022

ANTONOVICZ, Diego; WEBER, Rhuann Georgio Bueno. **PMOC - Plano de Manutenção Operação e controle-nos condicionadores de ar do Câmpus Medianeira da Universidade Tecnológica Federal do Paraná**. TCC – Curso de graduação de Tecnologia em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira. 2013. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1380/1/MD_COMIN_2012_2_10.pdf> acesso em: 03.05.2022

ARAUJO, Eliete de Pinho Araujo. **Apostila de ar condicionado e exaustão**. Faculdade de tecnologia de ciências sociais aplicadas. Brasília, 2011.

BARROS, Wellington Pacheco. **A água na visão do direito**. Porto Alegre: Tribunal de justiça do Rio grande do Sul- Departamento de Artes Gráficas, 2005.

BASTOS, C.; CALMON, J. **Uso de água residual do ar condicionado e de água pluvial como gestão da oferta em uma edificação comercial: estudo de caso**. Hábitat Sustentable, v. 3, n. 2, p. 66-74, 31 dez. 2013. Disponível em:< <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/article/view/436>>. Acesso em: 03.05.2022

BATISTA, ARMSTRONG CAMPELO. **Desenvolvimento de protótipo para otimização do aproveitamento de água descartada por condicionadores de ar / Armstrong Campelo Batista**. – Boa Vista, 2019. 44 f. : il.

CAMPOS, J.N.B. e STUDART, T.M.C. **Gestão de Águas: princípios e práticas**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, 2003.

CORREIA, G. R.; RISSINO, S. D., ROCHA, H. R. O.; **Automação de sistema de irrigação com monitoramento via aplicativo Web**. Revista Engenharia na Agricultura - REVENG, [S.l.], v. 24, n. 4, p. 314-325, out. 2016. ISSN 2175-6813. Disponível em: <https://reveng.ufv.br/index.php/reveng/article/view/675/441>. Acesso em: 03.05.2022

CARVALHO, M. T. C.; CUNHA, S. O.; FARIA, R. A. P. G. **Caracterização quali-quantitativa da água da condensadora de aparelhos de ar condicionado**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso. Cuiabá, MT, 2012. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/IX-002.pdf>>. Acesso em: 03.05.2022

COSTA, Djeson Mateus Alves da; BARROS JÚNIOR, Antônio Carlos de. **Avaliação da Necessidade do Reúso de Águas Residuais**. HOLOS, Ifrn - Natal, n. 21, p.81-101, ago. 2005. COSTA, F. F. **Design Responsivo para Web com Bootstrap**. Disponível em: <http://blog.fimes.edu.br/fernando/files/2014/05/Design-responsivo-para-WEB-comBootstrap.pdf>. Acesso em: 03.05.2022

FORTES, E.; JARDIM, P.; FERNANDES, J. **Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado**. XII Simpósio de excelência em gestão e tecnologia - SEGeT. Resende, RJ, 2015. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/37822430.pdf> Acesso em: 03.05.2022

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E., WREGE, M. S. **Os biomas e o clima das capitais do Brasil**. Revista Brasileira de Geografia Física v.10, n.4 (2017) 1152-1160. ISSN:1984-2295. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1074431/1/2017M.WregeRBGFOsbiomas.pdf>>. Acesso em: 03.05.2022

GONÇALVES, Luciene Pavanello. **Condicionamento de ar e sua evolução tecnológica**. São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2005.

HESPANHOL, Ivanildo. **Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos**. Bahia Análise & Dados, Salvador, v.13, n. Especial, p. 411-437, 2005. Disponível em: <http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/ChuvaNet/ChuvaTrabalhosPublicados/Potencialdere>. Acesso em: 03.05.2022

MAMANI, M.; VILLALOBOS, M.; HERRERA, R. **Sistema web de bajo costo para monitorear y controlar un invernadero agrícola**. Ingeniare. Rev. chil. ing., Arica, v. 25, n. 4, p. 599- 618, dic. 2017. Disponível em: <https://scielo.conicyt.cl/scielo>. Acesso em: 03.05.2022

MENDES, Milene Pereira; SILVA, Cléber Silva; PEREIRA, Simone de Fátima Pinheiro; LIMA, Lilian Natália Ferreira de; ALVES, Sady Salomão da Silva; ALVES, Sadi Brito; MELO, Felipe Cristian Neves de. **Ensino de Ciências Ambientais: desenvolvendo um recurso pedagógico a partir do tema gerador água**. Brazilian Journal of Development, v.7, n. 02, p. 12404 a 12420, 2021. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/24183/0> . Acesso em: 03.05.2022

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Ciclo Hidrológico da Água**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/component/k2/item/420-ciclo-hidrol%C3%B3gico.html> . Acesso em: 03.05.2022

MOTA, T. R. **Reutilização da água dos aparelhos de ar condicionado em uma escola de ensino médio no município de Umuarama-PR.** Anais Eletrônico, VII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar. Centro Universitário de Maringá – CESUMAR. Editora CESUMAR, Maringá, Paraná, Brasil. 2011. ISBN 978-85-8084-055-1.

MOTA, T. R.; OLIVEIRA, D. M.; INADA, P. **Reutilização da água dos aparelhos de ar condicionado em uma escola de ensino médio no município de Umuarama-PR.** VIII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar - Centro Universitário de Maringá: CESUMAR, Maringá. Anais, 2010.

NUNES, S. **Considerações sobre a conservação de água em equipamentos de uso específico na Universidade Estadual de Campinas.** I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável. São Paulo. 2004. Disponível em: ftp://ip20017719.eng.ufjf.br/Public/AnaisEventosCientificos/ENTAC_2004/trabalhos/PAP1098d.pdf, acesso em: 03.05.2022

OLIVEIRA, Danilo Felipe; MARTINS, Juliana Có. **Metodologia para análise de escolha de sistemas de condicionamento de ar.** TCC – Curso de graduação de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Espírito Santo. 2014. Disponível em: https://mecanica.ufes.br/sites/engenhariamecanica.ufes.br/files/field/anexo/2014-1_danilo_e_juliana-1.pdf acesso em: 03.05.2022

PAZ, VP da S; TEODORO, REF; MENDONÇA, FC. **Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4.n.3, Campina Grande, set./dez.2000.

PORTO-GONÇALVES, C. **Os porquês da desordem mundial: o desafio ambiental.** Rio de Janeiro: Ed. Record, 2004

RIGOTTI, Pedro Antonio Cardias. **Projeto de aproveitamento de água condensada de sistemas condicionadores de ar.** Trabalho de conclusão de curso – Panambi. Monografia (Graduação em engenharia mecânica). Universidade regional do nordeste do estado do Rio Grande do Sul, 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>> (acesso em 03.05.2022)

RODRIGUES, Zélia Medeiros. **O Planejamento Estratégico como Indicador da Controladoria Aplicado à Gestão de uma Microempresa do ramo de ar-condicionado.** Trabalho de conclusão de curso – Fortaleza. Monografia (Graduação em ciências contábeis). Faculdade Lourenço Filho, 2010.

SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. (Eds.). **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais.** Brasília, DF: Secretaria de Recursos Hídricos; Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre: Associação Brasileira de recursos Hídricos, 2000.

STOECKER, Wilbert.; JONES, Jerold W. **Refrigeração e Ar Condicionado.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1985.

VERÇOZA, Ênio José. **Patologia das Edificações.** Editora Sagra, Porto Alegre, 1991, 176 p.