

# DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM AGRICULTURAS DE PEQUENO PORTE: AUTOMAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO REUTILIZANDO ÁGUA DE CONDICIONADORES DE AR

## SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN SMALL AGRICULTURES: AUTOMATION OF AN IRRIGATION SYSTEM REUSE WATER FROM AIR CONDITIONERS

Jair De Martin Júnior<sup>1</sup>  
Thomas August Colombo<sup>2</sup>  
Denis Mosconi<sup>3</sup>

Data de entrega dos originais à redação em: 24/06/2019  
e recebido para diagramação em: 18/02/2020

A escassez de água potável no mundo é agravada em virtude do alto consumo diário na irrigação de agriculturas e que, muitas vezes, é realizada inadequadamente. Por isso, é necessário encontrar fontes alternativas que contribuam para um melhor aproveitamento da água empreendida na irrigação. Diante dessa perspectiva, os condicionadores de ar, que gotejam uma grande quantidade de água por meio da condensação da umidade do ar contida no ambiente interno, tornam-se uma fonte alternativa de água para ser utilizada na irrigação de pequenas agriculturas e que, na maioria das vezes, é desprezado. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema capaz de coletar e armazenar a água proveniente do gotejamento de condicionadores de ar, e empregá-la na irrigação de agriculturas de pequeno porte, tais como hortas e jardins. O sistema foi desenvolvido utilizando-se um microcontrolador que aciona, em tempos definidos pelo usuário, uma bomba periférica a qual realiza a distribuição da água coletada dos condicionadores de ar e armazenada em um reservatório, para uma horta ou jardim, garantindo o reaproveitamento da água. Testou-se o sistema em uma horta disponibilizada pelo IFSP câmpus Catanduva, e os resultados comprovaram que foi possível economizar até 125 litros de água por semana garantindo que as hortaliças apresentassem as qualidades necessárias para consumo. A pesquisa apresentou uma alternativa sustentável para sistema de irrigação em culturas de pequeno porte, almejando a expansão para suprir a demanda local do projeto.

Palavras-chave: Reaproveitamento de Água. Sustentabilidade. Ar Condicionado.

*The scarcity of drinking water in the world is worsened due to the high daily consumption in irrigation of agriculture and which is often carried out inappropriately. Therefore, it is necessary to find alternative sources that contribute to a better use of the water used in irrigation. Given this perspective, air conditioners, which drip a large amount of water through the condensation of air humidity contained in the internal environment, become an alternative source of water to be used in the irrigation of small agricultures and which, in most sometimes it is despised. The objective of this work was to develop a system capable of collecting and storing water from the dripping of air conditioners, and using it in the irrigation of small agricultures, such as vegetable gardens and gardens. The system was developed using a microcontroller that activates, at times defined by the user, a peripheral pump which distributes the water collected from the air conditioners and stored in a reservoir, for a vegetable garden or garden, guaranteeing the water reuse. The system was tested in a vegetable garden provided by the IFSP campus Catanduva, and the results proved that it was possible to save up to 125 liters of water per week, ensuring that the vegetables presented the necessary qualities for consumption. The research presented a sustainable alternative to the irrigation system in small crops, aiming at expansion to supply the local demand of the project.*

*Keywords: Water Reuse. Sustainability. Air Conditioner.*

## 1 INTRODUÇÃO

O uso sustentável dos recursos naturais tem sido debatido, de forma sistematizada, em Cúpulas Mundiais convocadas pela Organização das Nações Unidas (ONU) desde a década de 1970, como uma resposta à industrialização e à sociedade do consumo. De acordo com a Declaração da Conferência da ONU sobre o Meio Ambiente, defender e melhorar o meio ambiente para as atuais e futuras gerações se tornou uma meta fundamental para a humanidade (ONU, 1972).

Desde então, diversos países têm buscado construir uma agenda ambiental nacional para promover o desenvolvimento sustentável, incentivando projetos inovadores que apresentem soluções práticas para mitigar possíveis impactos resultantes do uso de recursos naturais, tais como: recursos hídricos, minerais e fósseis. Desenvolvimento sustentável é promover o crescimento econômico capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as demandas das futuras gerações (WORLD WIDE FUND FOR NATURE, 2018).

1 - Professor Doutor do Instituto Federal de São Paulo – câmpus Catanduva. < jairdemartinjr@ifsp.edu.br >.

2 - Engenharia de Controle e Automação. < colombo.thomas@aluno.ifsp.edu.br >.

3 - Professor Especialista do Instituto Federal de São Paulo – câmpus Catanduva. < denis.mosconi@ifsp.edu.br >.

A agricultura é uma das práticas de maior importância para a subsistência do ser humano. Ela, que tem por objetivo a cultura do solo para produzir vegetais úteis ao homem e/ou para a criação de animais, é uma das atividades mais antigas praticadas pela humanidade (COSTA, PIRES, 2016).

No entanto, a irrigação, que viabiliza a prática da agricultura, tem sido uma preocupação no que se refere ao consumo de água. A Organização das Nações Unidas (ONU, 2018) revela que aproximadamente 70% de toda água disponível para o consumo humano no mundo é utilizada para a irrigação. Além disso, segundo análises dos últimos relatórios divulgados pela instituição, o uso da água tem aumentado a uma taxa duas vezes maior em comparação ao crescimento da população ao longo do último século. Existe, ainda, uma tendência de que o gasto seja elevado em até 50% até o ano de 2025 nos países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil.

De acordo com a Agência Nacional de Águas, o Brasil possui uma área irrigável de aproximadamente 29,6 milhões de hectares, necessita de uma agricultura que esteja em harmonia com o meio ambiente. Isso porque, segundo o que afirma a própria agência em seu relatório de 2012, 72% de toda vazão consumida no Brasil corresponde ao ramo de irrigação na agricultura (ROCHA; CHRISTOFIDIS, 2015).

Por isso, dada a preocupação com a sustentabilidade, para se garantir água para as futuras gerações e, também, evitar temíveis racionamentos desse recurso natural em médias e grandes cidades (os quais vêm se tornando frequentes desde o início do século) ou a falta de água para uma parcela significativa da população, a comunidade científica tem voltado seus olhos cada vez mais para possíveis caminhos para diminuir o gasto de água na irrigação (FORTES et al, 2015, MOTA et al, 2012, HESPANHOL, 2002).

Nesse aspecto, novas técnicas e tecnologias possibilitam a melhoria da eficiência no uso racional da água, sendo que a busca por tecnologia de reaproveitamento da água tem crescido nos últimos anos. Um exemplo é o reaproveitamento da água condensada em aparelhos condicionadores de ar, utilizado em grande parte nos prédios comerciais e residenciais (MOTA et al, 2011, BARBOSA; COELHO, 2016, BASTOS; CALMON, 2013).

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema capaz de coletar e armazenar a água proveniente do gotejamento de condicionadores de ar, e empregá-la na irrigação de pequenas agriculturas, tais como hortas e jardins. Dessa forma, a água que seria descartada sem critérios passou a receber um novo destino, servindo para irrigação e garantindo economia deste recurso natural tão valioso.

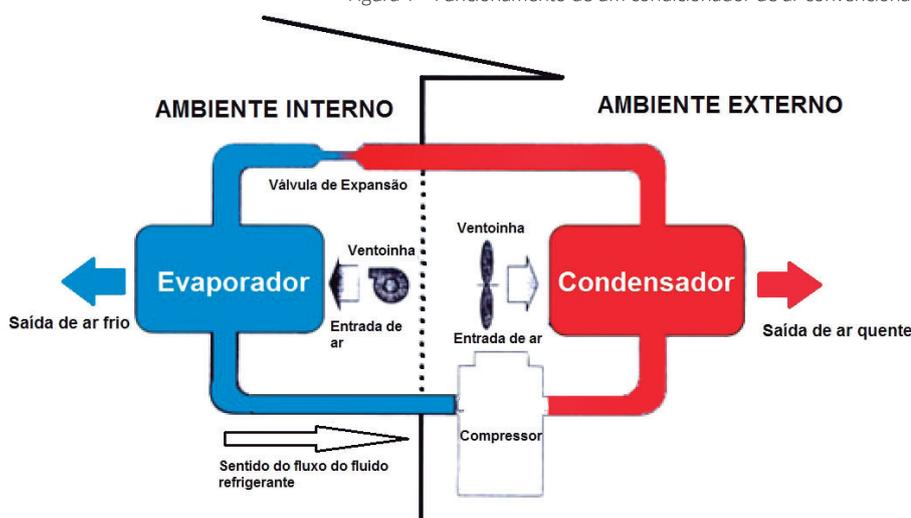
## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em geral, os condicionadores de ar são compostos fundamentalmente por quatro elementos: compressor, condensador, evaporador e ventilador. A operação convencional de refrigeração executada pelos aparelhos de ar condicionado consiste, inicialmente, em captar o ar do ambiente interno através de um ventilador e forçá-lo através do evaporador, onde entra em contato com uma serpentina contendo gás refrigerante R-22 em estado líquido e à temperatura de 7 °C. Tal contato com a serpentina, promove a troca térmica fazendo com que a temperatura do ar baixa, o qual retorna logo em seguida para o ambiente interno (FORTES et al, 2015).

Após absorver o calor do ar, o R-22 torna-se gasoso, sendo posteriormente comprimido até que atinja alta pressão e 52 °C. O gás, então, entra em contato com outra serpentina, na parte externa do aparelho, o condensador. Ao trocar calor com o ambiente externo, a temperatura do R-22 baixa, e o fluido passa novamente ao estado líquido. Finalmente, ao passar pela válvula de expansão, o líquido perde pressão rapidamente e atinge a temperatura de trabalho de 7 °C (FORTES et al, 2015).

Quando o ar sofre mudança de temperatura durante sua passagem pela serpentina do evaporador, é gerado o gotejamento de água (condensação) o qual é direcionado para o ambiente externo por meio de uma tubulação específica. A Figura 1 ilustra mais detalhadamente cada elemento do aparelho (FORTES et al, 2015).

Figura 1 – Funcionamento de um condicionador de ar convencional



Fonte: Adaptado de Fortes et al (2015)

Essa água que goteja do aparelho, segundo o estudo de Carvalho et al. (2012), é adequada para irrigação de hortas, pois possui valores razoáveis de pH; alcalinidade, cloretos, condutividade e dureza que não afeta a rega de plantas.

Um aparelho condicionador de ar gera em média 1,280 litros de água condensada em um período de uma hora, ou seja, um equipamento funcionando em média oito horas diárias acumulará pouco mais de 10 litros de água. Outra característica relevante é com relação ao pH, que varia entre 7,03 e 7,34 (CARVALHO et al, 2012).

A Tabela 1 apresenta um estudo realizado por Carvalho et al. (2012) na caracterização da água condensada por aparelhos condicionadores de ar comparando com a recomendação do Ministério da Saúde pela Portaria MS518/2005 (BRASIL, 2004).

Segundo Carvalho et al. (2012) a água condensada dos aparelhos condicionadores de ar apresenta grande potencial viável de aproveitamento para a sociedade, uma vez que não houve importantes variações nos parâmetros físico-químicos das análises.

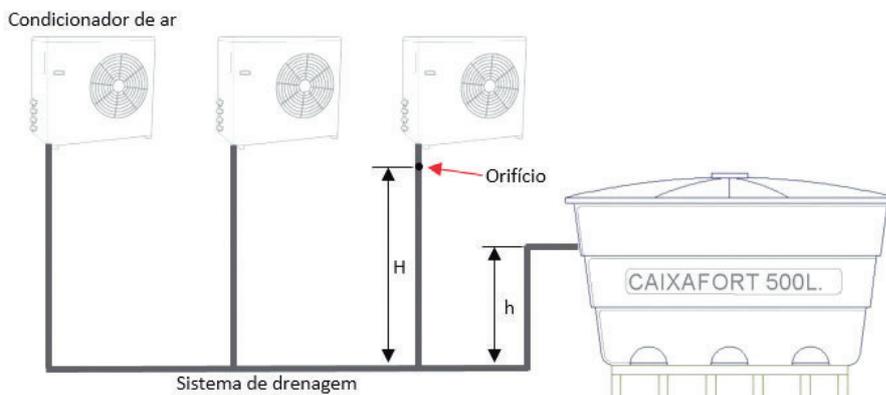
Souza et al (2016), estudando sobre um tema similar ao de Carvalho et al. (2012), reafirmam que em relação à água potável, as características da água condensada são mais próximas das águas destilada e reagente, e sua qualidade melhor que a da desmineralizada comercial.

#### 4 MATERIAIS E MÉTODOS

A coleta da água condensada dos condicionadores de ar é feita através do sistema de captação apresentado na Figura 2. Toda água coletada é armazenada em uma caixa d'água de 500 litros. A fim de vencer as irregularidades do terreno, evitando desníveis e refluxo entre os aparelhos, as tubulações de retirada descem até o plano de suporte do reservatório, e em seguida sobem uma altura  $h$  até a jusante. A diferença entre os comprimentos  $H$  e  $h$ , além de um orifício (respiro) localizado próximo ao ponto de coleta, garantem que não haverá refluxo de água para o aparelho bem como o comprometimento de seu funcionamento.

O reservatório conta com uma entrada de água da rede, caso o sistema de drenagem não seja suficiente para garantir o nível mínimo (por exemplo, em dias frios, quando os condicionadores não são utilizados). O sistema só será abastecido com água da rede quando o nível de água no reservatório estiver abaixo do sensor SB (nível baixo),

Figura 2 – Sistema de drenagem



Fonte: Acervo dos autores

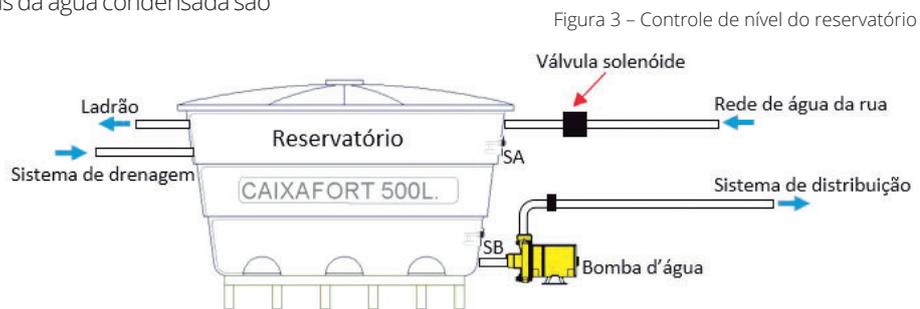
Tabela 1 - Resultados de análises físico-química da água condensada proveniente dos aparelhos de ar condicionado

Parâmetros	Unidades	Valores encontrados	Portaria 518/05
pH	-	7,03 - 7,34	6,0 - 9,0
Alcalinidade	mg/l	1,0761	-
Dureza	mg/l	0,85 - 9,33	500*
Cloreto	mg/l	0	250*
Condutividade	µs/cm	20,76	-
Volume	Litro	1,28	-

\*Valores máximos permitidos.

Fonte: (CARVALHO et al. 2012).

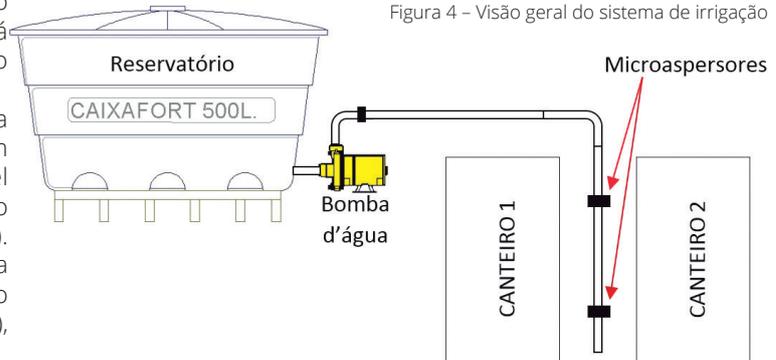
garantindo que a bomba não trabalhe em vazio. O sensor SA (nível alto) interrompe o fornecimento de água pela rede, fechando a válvula acionada por solenoide. O ladrão evita transbordamento da caixa de água (Figura 3).



Fonte: Acervo dos autores.

Uma bomba periférica Vonder BPV375 retira água do reservatório e a bombeia através de microaspersores Agrojet, irrigando os canteiros de uma horta experimental do Instituto Federal de São Paulo – câmpus Catanduva (Figura 4).

Figura 4 – Visão geral do sistema de irrigação



Fonte: Acervo dos autores.

Através de uma interface homem-máquina o operador determina os intervalos de irrigação, bem como sua duração (tempo que a bomba permanece ligada). A determinação desses valores de tempo deve ser com base no tipo de agricultura, nas condições climáticas e na experiência do usuário, a fim de evitar a falta ou o excesso de água.

O controle do sistema (irrigação e nível do reservatório) é feito através de um Arduino Uno.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema de irrigação automatizado foi testado durante um período contínuo de dois meses, entre agosto e setembro de 2018. Neste intervalo, foram cultivados alface e almeirão, com uma colheita única.

O regime de funcionamento do sistema foi configurado para que a irrigação ocorresse das 8 às 18 horas, sendo que nesse intervalo a bomba era acionada a cada 15 minutos, durante cinco minutos.

A água utilizada na irrigação era proveniente de sete aparelhos de ar condicionado, capazes de fornecer 125 litros de água por semana. O período de funcionamento dos aparelhos (quando a água era armazenada) se estendia além do período de irrigação (quando a água era consumida), visto que os condicionadores de ar estão instalados em salas de aula que operam nos três períodos do dia, durante a semana havia um acúmulo de água no reservatório que era capaz de suprir a irrigação nos finais de semana.

A rede de água da rua foi utilizada uma única vez, após início do funcionamento do sistema, a fim de preencher o reservatório no final de semana correspondente aos dias 07 a 09 de setembro, quando, por conta do feriado, os aparelhos de ar condicionado deixaram de funcionar mais cedo, impactando na coleta de água.

Não houve precipitação pluviométrica durante os dois meses quando o sistema foi testado.

As hortaliças cultivadas foram colhidas e consumidas, apresentando as qualidades desejáveis para o consumo (folhas verdes e firmes, não pegajosas e sem áreas escuras ou amareladas). A Figura 5 apresenta o resultado do cultivo reutilizando água dos condicionadores de ar.

## 6 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentada uma alternativa de utilização de recurso hídrico para irrigação de agriculturas de pequeno porte, através do emprego de água condensada proveniente de aparelhos de ar condicionado.

O sistema de drenagem apresentou um ótimo desempenho na pesquisa, sendo a coleta de água dos condicionadores de ar concentrada em um reservatório de 500 litros que durante uma semana armazenou 125 litros de água condensada, suficiente para a irrigação de uma horta.

Os resultados apresentados no armazenamento de água demonstram a eficiência do sistema que poderá

ser ampliado para aumentar a produção de hortaliça e assim atender a demanda local.

A principal contribuição apresentada na pesquisa foi uma alternativa sustentável para sistema de irrigação. O local utilizado para a pesquisa servirá de laboratório para possíveis desenvolvimentos tecnológicos na área da agricultura sustentável.

Sugere-se para trabalhos futuros, ampliar o estudo para utilização de água pluvial bem como desenvolver um sistema de controle em malha fechada para irrigação da horta.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, T.; COELHO, L. Sustentabilidade por meio do reuso da água dos aparelhos de ar-condicionado da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo – Fatec Sertãozinho, *Revista Academus*, v. 4, n. 1, p. 1-10, 2016.

BASTOS, C. S.; CALMON, J. L. 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, 2013.

BRASIL. **Portaria nº 518, de 25 de março de 2004**: Dispões sobre os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, 26 mar. 2004.

CARVALHO, M. T. C. et al. Caracterização quali-quantitativa da água da condensadora de aparelhos de ar condicionado. In: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2012, Goiânia. *Anais...* Goiânia: IBEAS, 2012, p. 1-4.

COSTA, L. F.; PIRES, G. L. P. Análise histórica sobre a agricultura e o advento sobre o uso de agrotóxicos no Brasil, *ETIC – Encontro de Iniciação Científica*, v. 12, n. 12, p. 1-17, 2016.

FORTES, P. D. et al. **Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado**. In: XII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2015, Resende. *Anais...* Resende: AEDB, 2015, p. 1-16.

HESPAHOL, I. Potencial de Reuso de Água no Brasil Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002.

MOTA, T. R. et al. Reutilização da água de aparelhos de ar condicionado em uma escola de ensino médio no município de Umarama – PR. In: VII Encontro Internacional de Produção Científica, 2011, Maringá. *Anais...* Maringá: CESUMAR, 2011, p. 1-5.

MOTA, T. R. et al. Utilização da água de sistemas de ar condicionado visando o desenvolvimento sustentável. In: 10º Fórum de Extensão e Cultura da UEM, 2012, Maringá. *Anais...* Maringá: UEM, 2012, p. 1-5.

ONU – **Organização das Nações Unidas**, 2018. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/fao/>



Fonte: Acervo dos autores.

e-confederacao-nacional-da-agricultura-lancam-estudo-sobre-agricultura-irrigada-brasileira/. Acesso em: 06/10/2018.

ONU - **Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano em Estocolmo, 1972**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>. Acesso em 10/10/2018.

ROCHA, C. T. D.; CHRISTOFIDIS, D. Vantagens da opção pela agricultura irrigada. **Revista da Política Agrícola**, n. 2, p. 17-25, 2015.

SOUZA, R. E. B. et al. Caracterização físico-química e microbiológica das águas condensadas de aparelhos de ar condicionados visando potencial reutilização. **Rev. Technol. Fortaleza**, v. 37, n. 1, p. 37-54, 2016.

World Wide Fund For Nature. **O que é desenvolvimento sustentável?**, 2018. Disponível em: [https://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/questoes\\_ambientais/desenvolvimento\\_sustentavel/](https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/). Acesso em: 14/10/2018.