



Campus São Mateus  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO



## APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE AR CONDICIONADO COM USO DE ARDUÍNO E PAINÉIS FOTOVOLTAICOS PARA IRRIGAÇÃO AUTOMÁTICA DE HORTALIÇAS

USE OF WATER FROM AIR CONDITIONING USING ARDUINO AND PHOTOVOLTAIC PANELS FOR AUTOMATIC IRRIGATION OF VEGETABLES

APROVECHAMIENTO DE AGUA PROCEDENTE DE AIRE ACONDICIONADO MEDIANTE ARDUINO Y PANELES FOTOVOLTAICOS PARA RIEGO AUTOMÁTICO DE HORTALIZAS

**Adriano Freitas de Jesus**<sup>1</sup>, **Marcus Vinícius Martins Marco**<sup>2</sup>, **Pedro Lopes Rios**<sup>3</sup>,  
**Albert Meneses Gonçalves Luz**<sup>4</sup>, & **Luan Diego de Lima Pereira**<sup>5</sup>

<sup>12345</sup> Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)

<sup>1</sup> [nuvemfsa@gmail.com](mailto:nuvemfsa@gmail.com) <sup>2</sup> [marcuni1105@gmail.com](mailto:marcuni1105@gmail.com) <sup>3</sup> [plr.pedro.lopes@gmail.com](mailto:plr.pedro.lopes@gmail.com) <sup>4</sup> [albertmenesesg2@gmail.com](mailto:albertmenesesg2@gmail.com)  
<sup>5</sup> [luan.diego@ifba.edu.br](mailto:luan.diego@ifba.edu.br)

### ARTIGO INFO.

Recebido: 05.04.2024

Aprovado: 30.04.2024

Disponibilizado: 15.05.2024

**PALAVRAS-CHAVE:** Arduino, sustentabilidade, energia renovável, irrigação automática.

**KEYWORDS:** Arduino, sustainability, renewable energy, automatic irrigation.

**PALABRAS CLAVE:** Arduino, sostenibilidad, energías renovables, riego automático.

\*Autor Correspondente: Pedro, L. R.

### RESUMO

Este artigo explora a implementação do sistema de irrigação utilizando água proveniente dos sistemas de ar condicionado no Instituto Federal da Bahia (IFBA), Campus Feira de Santana, analisando a viabilidade técnica e os benefícios ambientais dessa iniciativa. Utilizando Arduino, bomba de água e sensores de umidade, é feito um controle da irrigação automatizada. O sistema opera com água proveniente do dreno do ar condicionado, armazenada numa garrafa pet. O sistema não só traz eficiência no gerenciamento de recursos hídricos e energia renovável, mas também se destaca como um modelo sustentável para instituições educacionais, promovendo a reutilização da água de ar condicionado e inspirando práticas ecologicamente responsáveis.

### ABSTRACT

This paper explores the implementation of the irrigation system using water from air conditioning systems at the Instituto Federal da Bahia (IFBA), Campus Feira de Santana, analyzing the technical feasibility and environmental benefits of this initiative. The system operates with water from the air conditioning drain, stored in a plastic bottle. Using Arduino, water pump and humidity sensors, automated irrigation control is carried out. The system not only brings efficiency in the management of water resources and renewable energy, but also stands out as a sustainable model for educational institutions, promoting the reuse of air conditioning water and inspiring ecologically responsible practices.

### RESUMEN

Este artículo explora la implementación del sistema de riego utilizando agua de sistemas de aire acondicionado en el Instituto Federal da Bahia (IFBA), Campus Feira de Santana, analizando la viabilidad técnica y los beneficios ambientales de esta iniciativa. El sistema funciona con agua del desagüe del aire acondicionado, almacenada en una botella de plástico. Mediante Arduino, bomba de agua y sensores de humedad se realiza el control automatizado del riego. El sistema no sólo aporta eficiencia en la gestión de los recursos hídricos y las energías renovables, sino que también se destaca como un modelo sostenible para instituciones educativas, promoviendo la reutilización del agua de aire acondicionado e inspirando prácticas ecológicamente responsables.

## INTRODUÇÃO

O aquecimento global é um fenômeno amplamente reconhecido que se refere ao aumento da temperatura média da Terra devido à emissão excessiva de gases de efeito estufa na atmosfera. O relatório de avaliação das mudanças climáticas do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*) de 2023 afirma que o uso insustentável de recursos naturais e mais de um século de queima de combustíveis fósseis resultaram num aumento de 1,1°C na temperatura da terra entre 2011 e 2020, quando comparado a 1850 a 1900 (IPCC, 2023). Em meio a esse cenário preocupante, o uso generalizado de ar condicionado surge como uma prática com consequências ambientais, dentre elas, o desperdício de água que é condensada dentro do aparelho.

A busca por soluções sustentáveis e eficientes tem sido uma prioridade em diversas instituições educacionais. Existem na literatura diversos estudos sobre a reutilização da água dos aparelhos de ar condicionados, dentre os quais podemos elencar três deles para embasar este trabalho. Em sua pesquisa, Inada et al. (2012) realizaram um estudo do reaproveitamento de água de 8 aparelhos de ar condicionado, de 30.000 BTUs (*British Thermal Units*) cada, instalados em salas de aula de uma escola de ensino médio do Paraná. Durante uma manhã de aula (7 às 12 horas) são coletados 50 litros de água, ao todo. No trabalho de Ermes et al. (2020), os autores desenvolveram um estudo no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), Campus Manaus Centro, no bloco do Departamento de Infraestrutura - DAINFRA, com 35 máquinas de ar condicionado de 36.000 BTU's, 7 máquinas de 30.000 BTU's, 8 máquinas de 24.000 BTU's e 3 máquinas de 9.000 BTU's. Os autores estimaram que em 22 dias letivos por mês, considerando 15 horas de uso diárias, é possível reutilizar cerca de 47 mil litros de água. Já Almeida et al. (2022) dimensionaram a quantidade de água gerada pelos aparelhos de ar condicionados do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE) Campus Belo Jardim, tendo como resultado cerca de 15 mil litros de água para 120 aparelhos, com potências diversas, funcionando, ao todo, uma média de 12 mil horas no mês. Todos os estudos apresentados reutilizam a água dos aparelhos de ar condicionado para jardinagem e limpeza da edificação.

No Instituto Federal da Bahia (IFBA), Campus Feira de Santana, uma experiência tem despontado na forma de gestão de recursos hídricos: o emprego do sistema de irrigação automatizada, utilizando água proveniente dos sistemas de ar condicionado com intuito de cultivo de hortaliças. Este artigo tem como objetivo explorar em detalhes a ideação e os benefícios encontrados na adoção deste sistema no contexto do IFBA - Campus Feira de Santana. Ao examinar de perto essa prática, almejamos não apenas entender seu funcionamento técnico, mas também seu impacto positivo no gerenciamento de recursos hídricos e sua contribuição para um ambiente mais sustentável dentro do espaço acadêmico.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Durante o funcionamento de um aparelho de ar-condicionado, pelo processo de desumidificação do ar, a condensação do vapor de água passa do estado gasoso para o líquido, resultando em água condensada (destilada). Segundo dados coletados por Lima et al. (2020) a vazão de água de um aparelho de ar condicionado do tipo *Split* de 24000 BTU's varia de dois a cinco litros por hora, dependendo da umidade do ar. Esta água não é potável, portanto, é imprópria para beber, porém, como analisado por Merheby (2021) em seu estudo sobre a quantidade e qualidade de água proveniente do dreno do ar condicionado, pode ser reutilizada para fins de irrigação.

Através de um sistema de reservatórios e tubulações é possível armazenar essa água e conduzi-la sob baixa pressão a uma área do solo onde se encontram plantadas as hortaliças, num sistema chamado de irrigação localizada (Biscaro, 2014). Entretanto, um sistema tão simples não teria controle sobre a quantidade de água despejada no solo, podendo encharcá-lo. Segundo Marouelli et al. (2008) a maioria dos produtores de hortaliças irrigam suas lavouras de forma inadequada (na maioria das vezes em excesso), não fazendo uso de tecnologias para auxiliar no processo de irrigação por acreditarem que as soluções tecnológicas são caras e complexas.

Entretanto, existem alternativas tecnológicas simples e de baixo custo que permitem coordenar o sistema de irrigação, combatendo o problema do encharcamento do solo. O Arduino é uma plataforma de prototipagem que pode controlar entradas e saídas entre o dispositivo e componentes externos (McRoberts, 2011). Através do Arduino, ligado a um sensor de umidade, é possível identificar e controlar os momentos em que a irrigação ativa se faz necessária, evitando desperdícios e encharcamento do solo.

Ademais, através da adição do aproveitamento de energia solar, pode-se fazer uso de energia limpa para alimentar o Arduino e seus componentes (baterias, relé, carregador de bateria, bomba hidráulica), contribuindo ainda mais para a sustentabilidade do projeto.

## MATERIAIS E SISTEMA

O cerne deste trabalho é o IFBA campus Feira de Santana, localizado no município de Feira de Santana (BA), localizado no Território de Identidade Portal do Sertão. Insere-se no Bioma Caatinga, caracterizando-se pelo clima semiárido com pouca ocorrência de chuva. Portanto, a implementação de iniciativas direcionadas para a sustentabilidade, especialmente aquelas focadas na gestão da água, representa um importante recurso para promover a convivência com o semiárido. Isso envolve a aplicação de tecnologias, metodologias e técnicas simples, viáveis e eficazes, que ajudam a reduzir os impactos negativos nas esferas humana, social, econômica e ambiental.

### Materiais

Para implementação do protótipo foram utilizados os seguintes materiais:

- Mini Placa Solar Fotovoltaica 12V 125mA 1,5W 90x115mm;
- Placa Controladora de Carga Solar (3 a 18V) - Eletechsup SD1512TA;
- Módulo relé 1 canal - 5V;
- Arduino Uno R3 Atmega328 SMD;

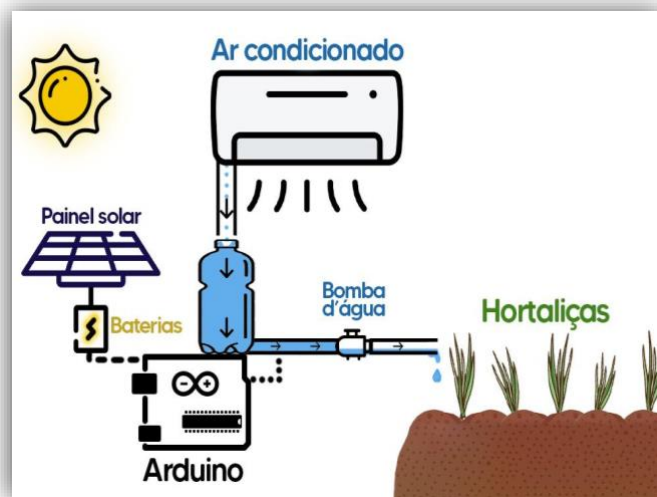
- Pilha Recarregável Li-ion 3.7V a 4.2V (18650);
- Encanamento flexível;
- Garrafa Pet (2L);
- Sensor de Umidade do Solo – Higrômetro – HW-080;
- Abraçadeiras;
- Mini Bomba de Água Motor 12V DC - RS-385
- Diodo 1N4007 1A - 1000V

### Sistema

O sistema de irrigação automatizado baseia-se na captação da água do ar condicionado, despejada pelo gotejador, e armazenamento em reservatório (garrafa pet), para que, enfim, essa água possa ser redirecionada de forma eficientemente controlada para as hortaliças. Esse controle foi feito por um Arduino, que recebeu informações de um sensor de umidade e, quando necessário, acionou a bomba d'água.

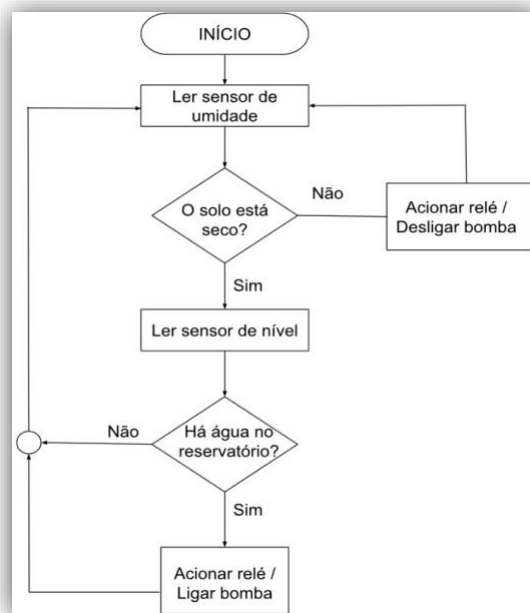
Tanto o Arduino quanto a bomba d'água precisam ser alimentados por energia elétrica, portanto, são acoplados a um banco de baterias recarregáveis que, por sua vez, conta com energia fotovoltaica para manter sua carga (Figura 1). O sistema foi posicionado próximo a um aparelho de ar condicionado, com o acoplamento do gotejador a uma mangueira para transmitir a água ao tanque reservatório, instalado próximo à condensadora. A distância do sistema em relação ao aparelho de ar condicionado é arbitrária, contanto que a posição facilite a captação da água condensada de acordo com a especificidade do ambiente e materiais disponíveis.

**Figura 1.** Representação de montagem em campo do sistema



Fonte: Autores (2024).

A Figura 2 ilustra o fluxograma de funcionamento do sistema de controle do protótipo. O sensor de umidade detecta binariamente se o solo está muito seco (sensor envia sinal alto) ou muito úmido (sensor envia sinal baixo). O Arduino recebe a informação do sensor de umidade e verifica, através do sensor de nível, se há água no reservatório em um nível seguro para acionar o relé e ligar a bomba, irrigando o solo.

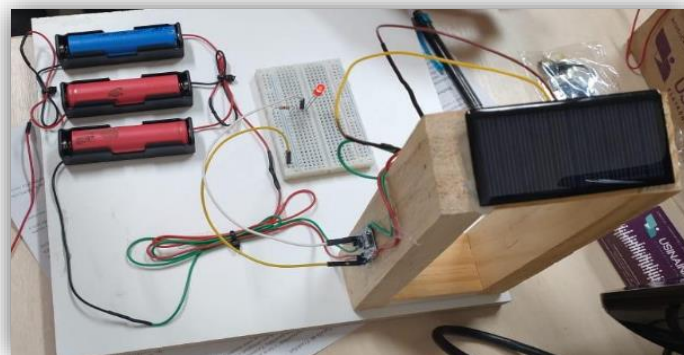
**Figura 2.** Fluxograma de funcionamento do sistema de controle do protótipo

Fonte: Autores (2024).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Protótipo do sistema de automatização

O protótipo do sistema de irrigação automatizado foi montado e testado, com a finalidade de avaliar o funcionamento dos componentes eletrônicos. Para isso, primeiramente, foram utilizadas placas de ensaio (*protoboard*), resistores e leds para indicar o carregamento das baterias através da placa solar e do controlador de carga (Figura 3).

**Figura 3.** Teste do sistema de alimentação

Fonte: Autores (2024).

Com os testes realizados, foi possível observar que a placa solar gera tensão e corrente suficientes para carregar as baterias, através do controlador de carga, utilizando, portanto, uma fonte de energia renovável. Essas baterias alimentam tanto o Arduino, quanto a bomba d'água, que é acionada pelo relé, quando o solo está seco, e desligada quando encharcado.

Também foram realizados testes com o reservatório do sistema e com o sensor de umidade instalado em um recipiente com terra (simulando a irrigação de hortaliças), no qual foi possível controlar a umidade do solo para acionar a bomba de irrigação (Figura 4).



**Figura 4.** Teste prático do protótipo

Fonte: Autores (2024)

Cabe destacar que este protótipo está em fase de ideação, portanto, não fez parte do escopo deste trabalho a análise de consumo energético da bomba e nem do tempo de carga e descarga das baterias, não sendo possível aferir se existe uma autonomia energética do sistema. Será necessário, futuramente, utilizar sensores de umidade mais precisos, podendo detectar diferentes níveis de umidade do solo. Também será realizado um estudo de dimensionamento do reservatório, determinando o volume necessário para armazenar toda a água drenada do ar condicionado, de acordo com a utilização dos aparelhos.

### **Aplicação na irrigação de hortaliças**

Avaliar a eficiência de um sistema de irrigação automatizado não se limita apenas à sua funcionalidade técnica, mas também à sua adaptabilidade e desempenho em condições ambientais específicas. No contexto do IFBA - Campus Feira de Santana, é fundamental analisar como esse sistema responde às condições locais, levando em consideração não apenas a tecnologia envolvida, mas também a interação com o ambiente circundante. Isso implica em examinar a sua resposta a fatores como umidade do ar, temperatura, incidência solar e características do solo. Esses elementos podem influenciar diretamente a distribuição e absorção da água pelas plantas, afetando seu crescimento e saúde, assim como na autonomia da bateria, através da geração solar.

A coleta de dados sobre a hortaliça específica utilizada no plantio, em conjunto com a observação direta do comportamento do sistema de irrigação nas diferentes condições climáticas, é essencial para aumentar sua eficácia. A análise cuidadosa desses dados permite não apenas identificar pontos fortes do sistema, mas também detectar possíveis ajustes necessários para otimizar sua eficiência e maximizar o crescimento das plantas.

Essa avaliação se faz necessária para aprimoramentos futuros, contribuindo para um manejo mais eficaz e sustentável dos recursos hídricos no ambiente local.

## Impactos na sustentabilidade do ambiente

Os impactos desse sistema na sustentabilidade ambiental são significativos em diversos aspectos:

**Conservação de Água:** 3. Reutilizar a água descartada pelo ar condicionado para irrigação reduz o consumo de água potável que essa atividade originalmente demandaria, preservando esse recurso natural precioso. Isso contribui diretamente para a conservação dos recursos hídricos, especialmente em regiões onde a escassez de água é uma preocupação.

**Eficiência no Uso de Recursos:** Ao empregar a automação via Arduino para controlar a liberação da água, o sistema garante uma irrigação precisa e sob demanda. Isso evita o desperdício de água, proporcionando a quantidade exata necessária para as plantas, sem excessos que poderiam ser perdidos.

**Redução do Impacto Ambiental:** A iniciativa reduz o descarte inadequado de água do ar condicionado, transformando um subproduto em recurso útil. Essa prática demonstra uma abordagem sustentável, convertendo o que antes era considerado resíduo em um recurso valioso para a irrigação de pequenas hortaliças e jardins, especialmente em instituições com alto número de aparelhos de ar condicionado.

**Sensibilização para a Sustentabilidade:** Além do benefício prático, a implementação desse sistema no ambiente acadêmico tem um papel educativo importante. Demonstra na prática como tecnologias simples e iniciativas inovadoras podem ser aplicadas para promover práticas sustentáveis, inspirando a comunidade a adotar medidas similares em outros contextos.

**Exemplo de Boas Práticas:** O sistema serve como um exemplo tangível de uma solução sustentável e replicável para outras instituições ou até mesmo setores fora do âmbito acadêmico. Ele demonstra que o uso de tecnologia pode auxiliar na gestão de recursos básicos, resultando em benefícios ambientais.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação do projeto permitiu a proposição de um sistema automatizado de irrigação através do reuso da água do ar condicionado, possibilitando um gerenciamento eficiente de recursos. Isso se deve não só pelo reaproveitamento de recursos hídricos, mas também pelo controle proporcionado pela automatização da irrigação, evitando desperdícios, além da adoção de energia sustentável para alimentar o sistema.

Como trabalho futuro, propõe-se a ampliação do uso do protótipo para todos os aparelhos de ar condicionado da instituição, possibilitando o armazenamento de um maior volume de água e conseqüentemente a irrigação de um número maior de hortaliças. Além disso, faz-se necessário um estudo do consumo energético do sistema de irrigação e do tempo de carga e descarga da bateria através da energia solar, para determinar a autonomia energética do sistema.

## REFERÊNCIA

Almeida, J. A., Valença, S., & Silva, I. C. (2022). Aproveitamento de água condensada por aparelhos de ar-condicionado no IFPE/Campus Belo Jardim. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 11(4), 376-393.

<https://doi.org/10.59306/rgsa.v11e42022376-393>

Biscaro, G. A. (2014). *Sistemas de irrigação localizada*. Portal de Livros Abertos da Editora da UFGD.

Recuperado de <https://omp.ufgd.edu.br/omp/index.php/livrosabertos/catalog/book/50>

Ermes, Á., Maciel, J., & Sahdo, K. (2020). Proposta de implantação de sistema de reuso de água proveniente de condicionadores de ar em uma instituição de ensino do Amazonas. *Brazilian Journal*

of *Animal and Environmental Research*. 3. 1713-1728.  
<https://doi.org/10.34188/bjaerv3n3-087>

Inada, P., Oliveira, D., & Mota, T. (2012). Reutilização da água dos aparelhos de ar condicionado em uma escola de ensino médio no município de Umuarama-PR. *IIV EPCC*. Maringá, Pr.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023) *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115.  
<https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>

Lima, S. M, Valentini, C. M. A., Zague, R., A, M., Souza, F. S. C. de., & Albano, P. F. M. (2020) *Engenharia no Século XXI – Volume 17: Estudos sobre a água do ar condicionado*. Cap. 5, 43-49pp. Belo Horizonte: Poisson. Recuperado de <https://poisson.com.br/2018/produto/engenharia-no-seculo-xxi-volume-17/>

Marouelli, W. A., Silva, W. L. de C. e., & Silva, H. R. da. (2008). Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo. Brasília, DF: *Embrapa Informação Tecnológica*. Recuperado de

<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/762590/irrigacao-por-aspersao-em-hortaliças-qualidade-da-agua-aspectos-do-sistema-e-metodo-pratico-de-manejo>

McRoberts, M. (2011). *Arduino básico*. 1a ed. São Paulo: Novatec Editora. Recuperado de [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4287597/mod\\_resource/content/2/Arduíno%20Básico%20-%20Michael%20McRoberts.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4287597/mod_resource/content/2/Arduíno%20Básico%20-%20Michael%20McRoberts.pdf)

Merheby, T. H. E. (2021) prospects for participatory water condensate harvesting from air-conditioning home units for use in public gardens: a case study in Tripoli, Lebanon (Dissertação de mestrado). *American University of Beirut*, Beirut, Lebanon. Recuperado de <https://scholarworks.aub.edu.lb/handle/10938/22431>