

Sistema Sustentável de Baixo Custo para Irrigação Residencial

Esaú Esrom Brito da Silva Caetano¹, Daniela da Costa Leite Coelho².

¹ Graduando do Curso Bacharelado em Ciência e Tecnologia, UFERSA, Mossoró - Rio Grande do Norte, Fone (84) 98181-0484. E-mail: esromcaetano@hotmail.com.

² Doutora em Manejo de Solo e Água, Professora Adjunta, UFERSA, Mossoró - Rio Grande do Norte, Fone (84) 98830-9726. E-mail: daniela.coelho@ufersa.edu.br.

Resumo: O presente estudo buscou o desenvolvimento e a implementação de um sistema sustentável de irrigação residencial como solução para minimizar esforços manuais, otimizar recursos e adotar práticas mais sustentáveis em residências localizadas em regiões semiáridas, onde a escassez de água representa um desafio recorrente. A pesquisa, realizada no município de Grossos, estado brasileiro do Rio Grande do Norte, baseou-se na análise do espaço e na quantidade de plantas para a instalação de encanamentos e registros. A metodologia adotada compreendeu inicialmente a realização de estudos bibliográficos, seguidos pela abertura manual de valetas na areia, destinadas ao posicionamento de canos de PVC. Esses canos foram estrategicamente dispostos e conectados a uma bomba d'água instalada sobre uma cisterna, possibilitando a distribuição de água para cada planta, que eram equipadas com uma saída individual de água, contendo um registro que permite controlar a abertura e o fechamento do fluxo de forma independente. Os resultados evidenciaram uma maior praticidade, para a irrigação, redução de custos de manutenção e maior durabilidade dos componentes. O sistema de irrigação também proporcionou economia de tempo e recursos hídricos, destacando sua viabilidade econômica e facilidade de adoção em contextos residenciais. Verificou-se ainda que o sistema pode ser aprimorado com tecnologias como controlador lógico programável, transdutores e interfaces de comunicação para maior eficiência e controle remoto, deixando o sistema automático.

Palavras-chave: Economia; Praticidade; Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

A automação está presente desde os primórdios da humanidade quando o ser humano começou a utilizar ferramentas rudimentares, como pedras e ossos, para aumentar sua eficiência em atividades essenciais para a sobrevivência, como a caça, a construção de abrigos e a coleta de frutos. O que representa não somente a capacidade de adaptação humana, mas também serve de ponto de partida para a criação de novas invenções com o objetivo de otimizar o dia a dia.

As primeiras inovações marcaram o começo da jornada de grandes descobertas, trazendo consigo inúmeras possibilidades, como é o caso da invenção do shadoof, pela civilização egípcia, que consistia em um mecanismo com um contrapeso em um dos lados e um balde no outro, quando o balde fosse mergulhado na água o peso seria puxado erguendo o balde, proporcionando assim ao operador pouco esforço ao encher o balde (HASSAAN, 2020) [1], tendo como principal uso o transporte de água de regiões mais baixas para regiões mais altas, facilitando assim o processo de irrigação na antiguidade.

Desde então a humanidade busca constantemente a automação e consequentemente a evolução, através de mecanismos que promovam o aumento da eficiência de indústrias e serviços, bem como a otimização de tarefas, o que não difere para os sistemas de irrigação, uma vez que estes apresentam desafios em sua forma manual, como o desperdício de água e desenvolvimento de dores físicas, que com a irrigação automatizada é resolvido.

A irrigação automatizada por sua vez surge como inovação, cujo objetivo é trazer maior conforto e conveniência, além de ser uma solução prática e tecnológica para os diversos problemas acarretados pela irrigação manual (SILVA, 2021) [2]. Por meio de sensores e sistemas precisos de controle de água se torna possível eliminar o desperdício e reduzir o esforço físico com o arrastar de mangueiras, que acaba por causar danos ao equipamento e principalmente dores ao usuário, uma vez que segundo estudos realizados com 1.501

pessoas no Irã, há a prevalência, com uma taxa de 59,3% de sintomas de distúrbios musculoesqueléticos na região lombar do indivíduo durante a coleta e irrigação (MONENI, 2020) [3].

No município de Grossos, estado brasileiro do Rio Grande do Norte (RN), por exemplo, a irrigação é realizada com o uso de mangueiras, o que resulta em elevado desperdício de água, maior esforço físico, consumo de tempo e aumento nos custos operacionais, além da constante necessidade de substituição devido a furos e desgastes.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo desenvolver e analisar um sistema de irrigação simples, eficiente e de baixo custo, voltado para a promoção da sustentabilidade em residências localizadas em regiões semiáridas, onde a escassez de água representa um desafio recorrente. promovendo economia significativa de água e permitindo, futuramente, a integração com tecnologias de automação e captação de água da chuva, tornando-se uma solução eficiente, sustentável e adaptável às necessidades locais.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Metodologia

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada no processo de irrigação das plantas de uma residência, a qual está localizada no Município de Grossos, estado brasileiro do Rio Grande do Norte (RN), situada na comunidade de Areias Alvas.

Para se alcançar o objetivo proposto, foi necessário seguir algumas etapas bem definidas (Figura 1), iniciando com o estudo da quantidade de plantas a serem irrigadas, posteriormente, analisou-se o espaço disponível, e depois fez-se a instalação dos canos e dos registros perto de cada planta. Além de serem feitos estudos bibliográficos, de artigos e pesquisas, que abordam o tema em questão, para se ter mais conhecimento sobre o assunto, e fazer uma implementação correta e eficiente.



Figura 1: Fluxograma da metodologia de instalação de irrigação residencial sustentável.

Inicialmente, conectou-se uma cisterna ao motobomba através de um encanamento feito de policloreto de vinila (PVC) (Figura 3), onde com a liberação do registro nos encanamentos adjacentes às plantas, direcionando qual caminho a água vai fazer. Os dois registros principais fazem o direcionamento para qual parte a água vai estar sendo levada, sendo que os mesmos, não podem ficar abertos ao mesmo tempo, para que a pressão da água não seja afetada e reduza a eficiência da irrigação.

A escolha do motor bomba de 1 CV (cavalo-vapor) fundamenta-se na necessidade de garantir uma vazão eficiente e uma pressão de água adequada em todo o percurso da tubulação, especialmente nos pontos mais distantes do sistema. Essa potência proporciona maior capacidade de bombeamento, favorecendo a uniformidade na distribuição da água e assegurando o funcionamento adequado dos registros e conexões ao longo do circuito. Além disso, um motor com essa especificação contribui para a melhoria do desempenho geral do sistema, reduzindo falhas operacionais, tempo de trabalho, perdas de carga e aumentando a confiabilidade da irrigação, tendo em vista que o terreno possui uma grande extensão.

Já o acionamento do motor da bomba, este faz o rotor girar criando assim um vácuo parcial dentro do encanamento que conecta a cisterna com a bomba d'água criando assim uma diferença de pressão e empurrando a água para o interior do tubo de sucção e então, pela pressão gerada da rotação do rotor a água é empurrada pelo tubo de recalque, sendo assim distribuída pelo encanamento de PVC.

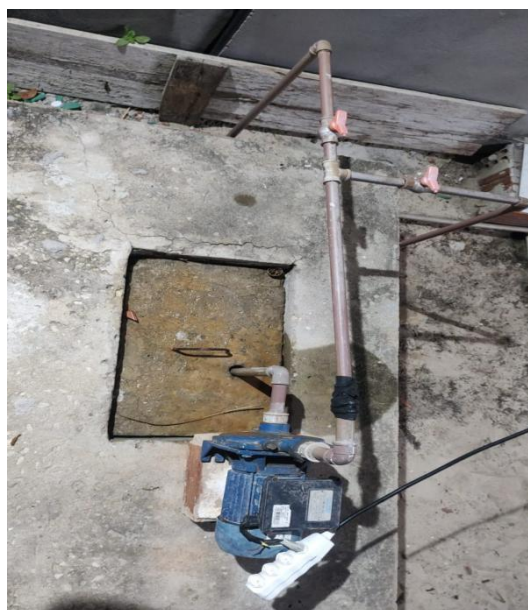


Figura 3: Motobomba instalada na cisterna, responsável pelo bombeamento e direcionamento da água para o sistema de irrigação. Fonte: Autoria própria (2025).

Posteriormente, foi realizada a abertura de uma valeta (Figura 4) com o auxílio de um enxadeco para possibilitar o posicionamento adequado dos canos (Figura 5). Em seguida, foram instalados registros direcionados para cada planta (Figura 6). Após essa etapa, a areia foi recolocada nas valetas para cobrir os canos (Figura 7), garantindo maior proteção e prolongando sua durabilidade, além de facilitar o processo de irrigação.



Figura 4: Processo de abertura da valeta.
Fonte: Autoria própria (2025).



Figura 6: Instalação dos registros direcionados para cada planta. Fonte: Autoria própria (2025).



Figura 5: Posicionamento dos canos para instalação do sistema de irrigação. Fonte: Autoria própria (2025).



Figura 7: Reposição da areia nas valetas, cobrindo os canos para proteção. Fonte: Autoria própria (2025)

2.2. Materiais Utilizados

Para a realização do experimento, foi necessário a utilização de uma bomba de água, a qual já era utilizada no sistema de mangueiras anterior e foi reutilizada para o sistema de encanamento. Foi utilizado também uma cisterna, onde se tinha o armazenamento de água, para se ter o funcionamento da bomba. Outros materiais utilizados fora: canos de policloreto de vinila (PVC), lâmina de serra manual, joelhos em 90°, Tê, registros esfera, nas medidas de 20 mm cada, além de cola para canos de PVC e de um enxadeco, para ser feito os buracos (Figuras 8 a 14).



Figura 8: Lâmina de serra manual.
Fonte: Autoria própria (2025).



Figura 9: Registro esfera.
Fonte: Autoria própria (2025).



Figura 10: Joelho de 90°.
Fonte: Autoria própria (2025).

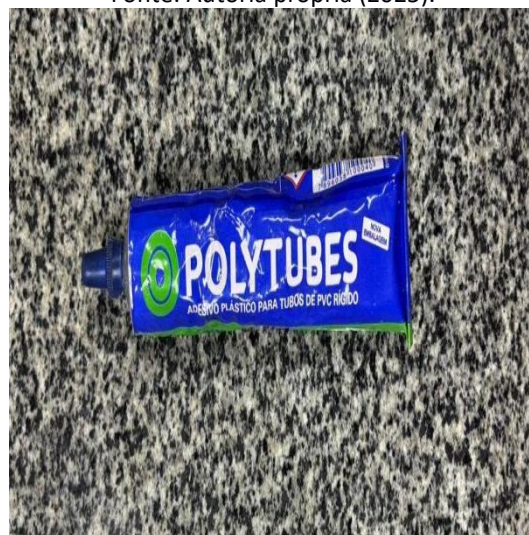


Figura 11: Cola de cano.
Fonte: Autoria própria (2025).



Figura 12: Conexão em Tê.
Fonte: Autoria própria (2025).



Figura 13: Enxadeco.
Fonte: Autoria própria (2025).



Figura 14: Cano de PVC.
Fonte: Autoria própria (2025).

2.3. Resultados e Discussões

Esta seção evidencia os resultados da análise, apresentando primeiro o perfil dos respondentes e, em seguida, as percepções e impactos observados no sistema de irrigação. São destacadas as melhorias relacionadas, à economia financeira, à eficiência operacional do processo, à sustentabilidade, além de discutir suas implicações em relação à literatura.

O sistema completo de irrigação instalado compreendeu um total de 133,59 metros de tubulação, distribuídos estrategicamente para atender a todas as áreas do terreno. A estrutura conta com 26 registros de PVC, que possibilitaram o controle individualizado do fluxo de água para cada segmento do sistema, além de 51 conexões de PVC do tipo joelho e 21 do tipo 'T', essenciais para permitir a mudança de direção e a ramificação da tubulação. Essa configuração foi projetada para irrigar eficientemente as 23 plantas distribuídas pelo terreno, garantindo uniformidade na distribuição da água e facilitando a manutenção do sistema.

Em relação ao investimento necessário para a implementação do sistema de irrigação, foram utilizados 23 tubos de PVC de 20 mm com 6 metros cada, ao custo unitário de R\$ 21,34, totalizando R\$ 490,82. Também foram adquiridos 51 joelhos de 90°, ao custo de R\$ 0,71 cada (R\$ 36,21), 21 conexões do tipo 'T' a R\$ 1,72 cada (R\$ 36,12), duas unidades de cola para cano, ao custo de R\$ 19,20 cada (R\$ 38,40), e 26 registros, com valor unitário de R\$ 5,92 (R\$ 153,92). Dessa forma, o custo total para a montagem do sistema foi de R\$ 755,47.

Quando comparado ao custo de uma mangueira trançada de 3/4, com valor médio de R\$ 423,00, observa-se uma diferença de R\$ 332,47. Apesar do custo inicial mais elevado, o sistema de irrigação em PVC apresenta maior durabilidade, menor necessidade de reposição e menor incidência de danos, o que o torna um investimento mais eficaz a longo prazo, ou seja, melhor custo-benefício. A mangueira, por sua vez, apresenta desgaste precoce, podendo ressecar, se romper ou se prender em obstáculos, exigindo substituições frequentes que, ao longo do tempo, ultrapassam o valor investido na irrigação automatizada.

O sistema de irrigação eliminou a necessidade do manuseio constante da mangueira, o que anteriormente causava avarias frequentes. A mangueira, além de ficar presa nas colunas ao ser arrastada pelo terreno, ficava exposta ao sol, o que provocava ressecamento e diminuía ainda mais sua vida útil. Com o novo sistema de irrigação, a única manutenção regular passou a ser no motor, o que resultou em significativa economia financeira. Esse novo arranjo evidencia que o sistema, além de otimizar o funcionamento, também reduz custos associados ao desgaste físico de componentes e à reposição de materiais danificados, reforçando a relevância e eficiência dos resultados obtidos (SOUZA e ALMEIDA, 2020) [4].

Além dos benefícios estruturais e financeiros, o sistema também proporcionou uma expressiva economia de tempo. Estima-se que o tempo total gasto na irrigação foi reduzido em aproximadamente uma hora por dia, eliminando a necessidade de deslocamento manual entre as plantas com a mangueira. Outro fator relevante é a significativa redução no desperdício de água. No sistema anterior, era comum haver vazamentos na própria mangueira, especialmente à medida que envelhecia e se tornava ressecada. Além disso, durante a troca manual de posição da mangueira entre as plantas, ocorria perda adicional de água, comprometendo tanto a eficiência da irrigação quanto a sustentabilidade do processo.

Além do mais, o sistema de irrigação pode ser potencializado por meio da integração com tecnologias sustentáveis, como a captação e o reuso da água da chuva. A instalação de uma caixa d'água acoplada ao sistema, alimentada por calhas e condutores pluviais, permite armazenar volumes significativos de água durante os períodos chuvosos, que podem ser utilizados posteriormente na irrigação. Essa medida reduz ainda mais a dependência do abastecimento convencional, promovendo economia de recursos hídricos e diminuindo os impactos ambientais relacionados ao consumo excessivo de água potável. (SILVA e BRITO, 2006) [5].

Além de ser uma prática ambientalmente responsável, o aproveitamento de águas pluviais também favorece a autonomia do sistema em períodos de racionamento ou em regiões com abastecimento irregular, contribuindo para a resiliência hídrica do ambiente irrigado. (EL TUGOZ et al., 2017) [6].

A seguir, apresenta-se uma imagem ilustrativa (Figura 15) do sistema com reservatório para captação de água da chuva, demonstrando sua integração ao sistema automatizado de irrigação.

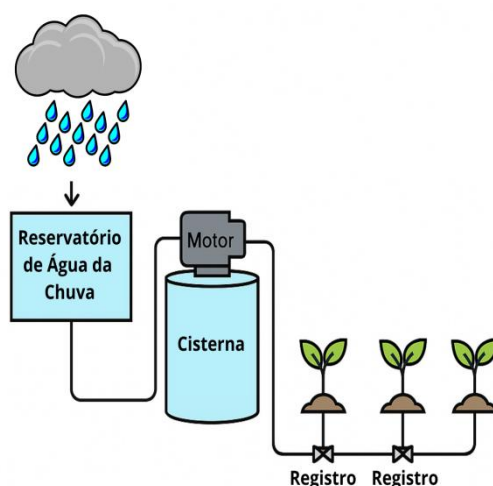


Figura 15: Esquema Gráfico.

Fonte: Autoria própria (2025).

Observou-se uma redução significativa no tempo destinado à manutenção, uma vez que o sistema de irrigação demanda apenas revisões periódicas no motor. Essa característica operacional permite ao usuário direcionar seu tempo para outras atividades, contribuindo para uma rotina mais produtiva. Diante desses resultados, destaca-se a possibilidade de adoção de sistemas automatizados como alternativa viável para aprimorar a eficiência operacional de processos rotineiros, especialmente em contextos nos quais a redução do tempo de manutenção e o uso racional de recursos são fatores determinantes para a sustentabilidade e o desempenho geral do sistema. (PEREIRA et al., 2019) [7].

Além disso, ressalta-se a possibilidade de adaptar o sistema para configurações mais complexas e automatizadas. A incorporação de transdutores como sensores de umidade do solo permitiria a coleta precisa de dados, que poderiam ser enviados a um Controlador Lógico Programável (CLP) ou a uma plataforma baseada em Arduino. (PAULA, 2019) [8]. Esses controladores seriam responsáveis pela análise das informações recebidas e, ao identificar a necessidade de irrigação, enviariam comandos aos atuadores, acionando o motor e promovendo a abertura das válvulas. Com a integração de válvulas solenóides, seria possível regular o fluxo de água conforme a demanda processada pelo sistema, garantindo maior precisão e eficiência. Adicionalmente, é viável a anexação de interfaces de comunicação, como módulos Wi-Fi, possibilitando o monitoramento e o acionamento remotos, o que amplia ainda mais a autonomia e a funcionalidade do sistema. (ALBUQUERQUE, 2019) [9].

Além disso, a redução nos custos de manutenção reforça o impacto financeiro positivo da automação, indicando que a durabilidade dos sistemas contribui para uma redução significativa nos gastos operacionais (SOUZA e ALMEIDA, 2020) [4].

A economia de tempo, por sua vez, é um aspecto que potencializa a eficiência do sistema, conforme evidenciado por (PEREIRA et al., 2019) [7]. No entanto, é relevante considerar que a automação requer um investimento inicial maior, o que pode representar uma barreira para adoção em contextos de baixa renda.

A análise permite concluir que o sistema automatizado de irrigação é uma solução eficiente e sustentável para o ambiente residencial, com impactos positivos comprovados em várias dimensões. No entanto, estudos futuros podem explorar sua aplicação em escalas maiores e avaliar o impacto econômico a longo prazo (MALOFF, 1988) [10].

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação do sistema de irrigação demonstrou ser uma solução eficiente, prática, sustentável e de baixo custo para o contexto residencial. O projeto resultou em maior praticidade no uso diário, ao eliminar tarefas manuais repetitivas, reduzir a necessidade de intervenção constante e otimizar o tempo do usuário, permitindo a realização de outras atividades.

Do ponto de vista econômico, houve redução nos custos de manutenção e maior durabilidade dos materiais utilizados, gerando melhor custo-benefício em comparação com métodos tradicionais, como o uso de mangueiras. Também se observou uma redução expressiva no desperdício de água, contribuindo para a sustentabilidade do sistema.

Além disso, o sistema apresenta potencial de expansão automática, podendo ser integrado a sensores, CLPs, Arduino e válvulas solenóides, com possibilidade de monitoramento remoto via Wi-Fi. Essa flexibilidade amplia sua aplicabilidade e eficiência, tornando-o uma alternativa viável e acessível para quem busca praticidade, economia e sustentabilidade no manejo da irrigação.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] HASSAAN, G. A.; Mechanical Engineering in Ancient Egypt, Part 90: Water Management. 2020. Sryahwa Publications, v.8, 2020. Disponível em: <https://ijeert.ijrset.org/papers/v8-i5/2.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2025.

[2] SILVA, P. J. S. N. Automação Residencial Utilizando Arduino. 2021. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1636/1/TCC%20Paulo%20Jo%C3%A3o%20de%20Sousa%20Neto.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2025.

[3] MOMENI, Zahra; CHOOBINEH, Alireza; RAZEGHI, Mohsen; GHAEM, Haleh; AZADIAN, Fatemeh; DANESHMANDI, Hadi. Sintomas musculoesqueléticos relacionados ao trabalho entre trabalhadores agrícolas: um estudo transversal no Irã. *Journal of agromedicine*, v. 25, n. 3, p. 339-348, 2020. Acesso em: 25 jan. 2025.

[4] SOUZA, F. R.; ALMEIDA, G. F. Automação em Sistema de Irrigação Tipo Pivô Central para Redução de Custos Energéticos. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/Q9ymfq9QX9n5cscBcTXsshx>. Acesso em: 25 jan. 2025.

[5] SILVA, A. de S.; BRITO, LT de L. Captação de água de chuva: sustentabilidade ambiental no semi-árido brasileiro. 2006. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/157484/1/OPB649.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2025.

[6] EL TUGOZ, Jamila; BERTOLINI, Geysler Rogis Flor; BRANDALISE, Loreni Teresinha. Captação e aproveitamento da água das chuvas: o caminho para uma escola sustentável. *Revista de gestão ambiental e sustentabilidade*, v. 6, n. 1, p. 26-39, 2017.

[7] SOARES, Diana de Araujo; BATISTA, Bárbara Menegassi; YUJI, Felipe; SANTOS, Angela Alves dos; CARDOSO, Josué Marcos de Moura; GOMES, Gabriel; DIAS, Everton Oliveira.. IoSeed: Sistema de Irrigação Automática Baseado em IoT. 2019. Disponível em: https://lcv.fee.unicamp.br/wp-content/images/BTSym-22-Brasil/papers/BTSym2022_084.pdf. Acesso em: 25 jan. 2025.

[8] PAULA, Carlos Eduardo Medeiros de; DEUS, Higor Augusto de; SOUZA, Rafael França de; CAETANO, William da Silva. Irrigação inteligente. 2019. Acesso em: <http://ric-cps.eastus2.cloudapp.azure.com/bitstream/123456789/12098/1/MONOGRAFIA%20irrigacao%20inteligente.pdf>. Disponível em: 27 jul. 2025.

[9] ALBUQUERQUE, Rodrigo Sampaio de. Sistema de irrigação inteligente para agricultura familiar baseado em IoT. 2019. Acesso em: <https://repositorio.uema.br/bitstream/123456789/876/3/Monografia%20Rodrigo%20Sampaio%20Albuquerque%20PDF-A.pdf>. Disponível em: 27 jul. 2025.

[10] MALOFF, Joel. A Internet e o valor da "internetização". *Ciência da informação*, v. 26, 1998. Disponível em: <https://revista.ibict.br/ciinf/article/view/765>. Acesso em: 01 jul. 2025.