



## **SENSOR DE UMIDADE DO SOLO: MELHOR EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO**

Pedro Henrique de Araújo Gurgel<sup>1</sup>, Moisés Medeiros dos Santos<sup>2</sup>, Osvaldo Nogueira de Sousa Neto<sup>3</sup>, Nildo da Silva Dias<sup>4</sup>, Ytalo Cleyton dos Santos Souza<sup>5</sup>, Carla Jamile Xavier Cordeiro<sup>6</sup>

**RESUMO:** No semiárido brasileiro, a escassez dos recursos hídricos é influenciada pelas elevadas temperaturas, diminuindo assim a disponibilidade hídrica e afetando a demanda da população. A prática de irrigação impulsionou as zonas áridas e semiáridas a se tornarem produtivas. Porém, um desafio enfrentado por muitos irrigantes é saber o momento e a quantidade de água a ser aplicada, tornando a discussão sobre o “uso racional da água na irrigação” cada vez mais recorrente. Diante desta problemática, desenvolveu-se um senso de umidade do solo para controle do sistema de irrigação em área de cultivos visando a maior eficiência do uso da água. O sistema desenvolvido funciona automaticamente e controle a lâmina de água de acordo com necessidade hídrica da cultura incluindo as seguintes competências: Data e hora de irrigação; lâmina de irrigação aplicada a cada evento de irrigação; armazenamento de dados de irrigação; informação remota e; conectividade com a internet. O sistema monitora, em tempo real, a umidade do solo, estimando com precisão a necessidade hídrica das culturas. O sistema foi construído e testado no laboratório de análise de solo, água e plantas do semiárido (LASAPSA) da Universidade Federal Rural do Semi-Arido, Mossoró RN, sendo uma ferramenta que contribuir para garantir a segurança hídrica na agricultura praticada no semiárido, uma vez que se pode obter rendimentos com maior eficiência de uso da água.

**PALAVRAS-CHAVE:** Recursos hídricos, Irrigação, Agricultura 5.0.

<sup>1</sup> Discente de Agronomia; Universidade Federal Rural do Semi-árido; (84) 996899669; pedro.gurgel@alunos.ufersa.edu.br

<sup>2</sup> Engenheiro mecânico; Universidade Federal Rural do Semi-árido; (84) 996495829; moises.santos@alunos.ufersa.edu.br

<sup>3</sup> Professor Doutor em Engenharia de sistemas agrícolas; Universidade Federal Rural do Semi-árido; (88) 994925737; Osvaldo.neto@ufersa.edu.br

<sup>4</sup> Professor adjunto; Universidade Federal Rural do Semi-árido; (84) 996844875; nildo@ufersa.edu.br

<sup>5</sup> Mestrando em ciência e tecnologia dos materiais; Universidade Federal Rural do Semi-árido; (84) 999537847; ytalo.souza@alunos.ufersa.edu.br

<sup>6</sup> Doutoranda em Fitotecnia; Universidade Federal Rural do Semi-árido; (88) 997494285; carlajamile0808@gmail.com

## **SOIL MOISTURE SENSOR: BETTER EFFICIENCY IN THE USE OF IRRIGATION WATER**

**ABSTRACT:** In the Brazilian semi-arid region, the scarcity of water resources is influenced by high temperatures, thus reducing water availability and affecting the population's demand. The practice of irrigation has propelled the arid and semi-arid zones to become productive. However, a challenge faced by many irrigators is knowing when and how much water to apply, making the discussion about the “rational use of water in irrigation” increasingly recurrent. Faced with this problem, a sense of soil moisture was developed to control the irrigation system in the cultivation area, aiming at greater efficiency in the use of water. The developed system works automatically and controls the water level according to the water needs of the crop, including the following skills: Date and time of irrigation; irrigation depth applied to each irrigation event; irrigation data storage; remote information and; internet connectivity. The system monitors soil moisture in real time, accurately estimating the water needs of crops. The system was built and tested in the soil, water and plants analysis laboratory of the semi-arid region (LASAPSA) of the Universidade Federal Rural do Semi-Arido, Mossoró RN, being a tool that contributes to guarantee water security in agriculture practiced in the semi-arid region, a since yields can be obtained with greater efficiency in the use of water.

**KEYWORDS:** Water resources, Irrigation, Agriculture 5.0.

### **INTRODUÇÃO**

Na região semiárida do Brasil, os recursos hídricos são influenciados pelas elevadas temperaturas, diminuindo assim a disponibilidade hídrica e afetando a demanda da população. Medeiros et al. (2016) comenta que a prática de irrigação impulsionou as zonas áridas e semiáridas a se tornarem produtivas. Dessa forma, ANA (2021) relata que a irrigação é indispensável nas regiões áridas e semiáridas para manter a segurança produtiva afetada pela escassez contínua de água.

O Brasil explora atualmente 10% de seu potencial total de área irrigada. A intensificação da irrigação em território nacional ocorreu a partir do ano de 1970, bem mais tardiamente quando comparado aos demais países irrigantes no mundo. Por outro lado, o Brasil utiliza equipamentos de irrigação de última geração e projetos mais tecnificados, aproveitando-se de toda a experiência acumulada nos países desenvolvidos, o que é uma grande vantagem

competitiva, pois permite ser mais eficiente no uso da água com base em uma agricultura irrigada mais moderna e assertiva. (PAOLINELLI et al., 2022).

Para a máxima eficiência de uso da água na agricultura irrigada deve-se evitar perdas significativas durante a aplicação das lâminas de irrigação, mas, é muito comum o uso da prática de irrigação sem o manejo adequado para predizer quando e quanto de água deve-se aplicar ao solo para atender à demanda da cultura. A falta de manejo da água de irrigação pode resultar no déficit hídrico para a cultura ou em desperdícios de água, seja por evaporação, escoamento superficial e percolação profunda, ocasião em que se aplica lâminas de água ao solo além da sua capacidade de retenção. Apesar de existir vários métodos para manejar a irrigação, a maioria dos irrigantes utiliza de meios empíricos para estimar a demanda hídrica das culturas, pois muitas tecnologias que auxiliam no manejo da irrigação são onerosas, inviabilizando a adoção dessas técnicas, especialmente pelos produtores familiares.

Por outro lado, a crescente demanda por alimentos e o aumento das áreas irrigadas no Brasil impõem maiores exigências de escolhas de métodos e, principalmente manejo de irrigação que aumente a eficiência do uso da água na agricultura irrigada. A ANA (2019) prevê que no Brasil, até o ano de 2030, haverá um aumento de 23% no consumo de água na atividade agrícola e, cada vez mais, aumenta-se a exigência legal do uso racional da água em todas as áreas de produção.

Considerando esses aspectos desenvolveu-se um sensor de umidade do solo para estimar a umidade do solo e manejar a irrigação com maior eficiência do uso da água. O sistema tem baixo custo de fabricação e instalação, pode funcionar com energia solar e adotado em cultivos irrigados de áreas de produção familiar.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

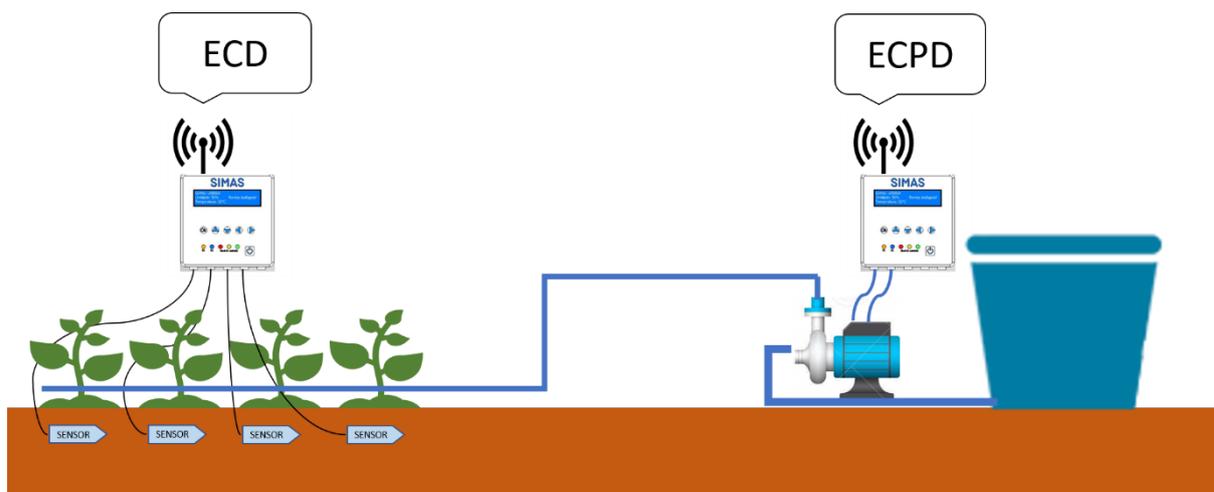
O sistema foi construído e testado no Laboratório de Análise de Solo, Água e Plantas do Semiárido (LASAPSA) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró RN, cuja coordenadas geográficas são: latitude: 5° 12' 48'' S; longitude: 37° 18' 44'' W e altitude: 37 m acima do nível do mar, bem como a arquitetura do desenho conceitual, testes do algoritmo e hardwares e a montagem das placas do sistema.

### *Construção e calibração do sistema*

O sistema de automação e controle se fundamenta na necessidade hídrica de irrigação no semiárido, incluindo as seguintes competências: data e hora; momento e lâmina de irrigação

aplicada a cada evento de irrigação; armazenamento de dados de irrigação; informação remota e; conectividade com a internet.

O sistema desenvolvido foi ideado para funcionar em duas partes, as quais são: 1) Estação de Coleta de Dados (ECD) – esta é instalada no solo em área cultivada, onde se mensura os parâmetros essenciais para o cálculo da necessidade hídrica, e 2) Estação Central de Processamento de Dados (ECPD) – Os dados coletados na ECD são processados por meio de algoritmo, detecta-se possíveis anomalias do sistema e determina-se a necessidade da irrigação. (Figura 1).



**Figura 1.** Idealização do sistema, autoria própria, 2021.

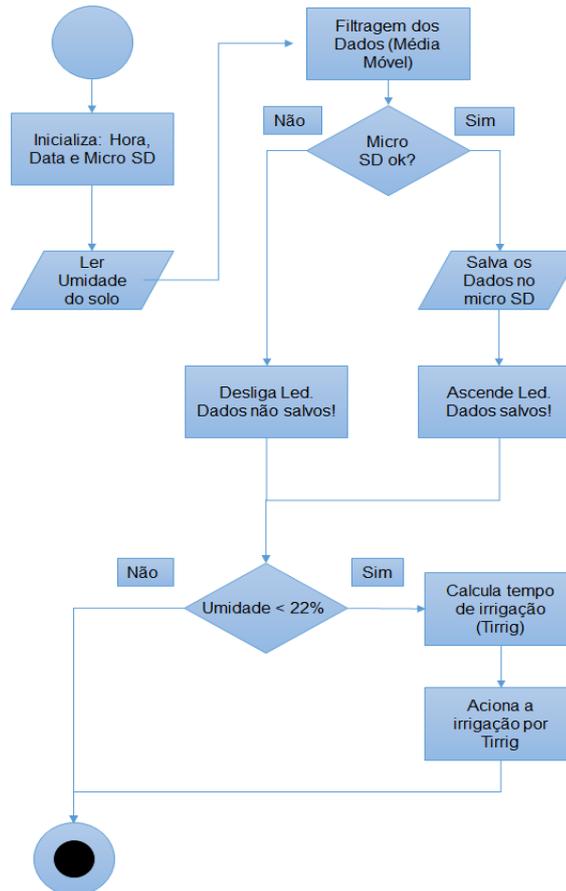
Os sensores de umidade do solo trabalham com sinais entre 1 e 2,4 volts, detecções fora desse intervalo significam que há defeito no sistema, onde o usuário será alertado, evitando-se assim aplicações inadequadas devido a falhas no sistema. Após essa análise os dados passam por um filtro digital, a fim de reduzir as oscilações dos sinais, e por fim, o sistema toma a decisão se deve, ou não, realizar a irrigação, aplicando-se um volume de água em um determinado tempo estimado, podendo este atuar no sistema de irrigação automaticamente.

O hardware foi desenvolvido em placa de prototipagem Arduino Uno utilizando a programação em software IDE Arduino. As conexões entre a placa e os periféricos foram feitas utilizando jumpers e, os protótipos foram montados em protoboard com o auxílio da placa Arduino Uno.

A primeira versão 1.0 da Estação de Coleta de Dados (ECD) foi confeccionada com um microcontrolador Atmega 328 e uma antena de rádio NRF24 (2.4 Ghz). Enquanto na Estação Central de Processamento de Dados foi utilizado um microcontrolador Atmega 328, uma antena de rádio NRF24 (2.4 Ghz), um módulo relógio RTC DS 1307 e um modulo Wifi ESP 8266.

O sistema utiliza o controle em malha híbrida, onde a quantidade de água aplicada é controlada baseando-se na vazão do sistema e tempo de funcionamento da bomba, calculado

automaticamente pelo microcontrolador. O sistema foi configurado para utilizar a tensiometria em conjunto com um transdutor de pressão MPX5100DP para monitoramento das condições hídricas e programado para realizar as irrigações no período noturno das 20:00 às 5:00 h para evitar instabilidades causadas por oscilação de temperatura e diminuir os custos de energia elétrica do sistema. O funcionamento ocorreu durante 24 h por dia, monitorando e salvando as informações de umidade do solo.



**Figura 2.** Idealização do sistema, autoria própria, 2021.

De acordo com o fluxograma da Figura 2, o sistema inicia-se com a energização da placa, sendo que a primeira etapa executa a inicialização dos periféricos, em que o microcontrolador se comunica com o módulo RTC e o micro SD e realiza a leitura dos sensores e a filtragem digital (Média Móvel). Em seguida, o microcontrolador verifica a comunicação com a unidade de memória externa, salva as informações e acende um LED na placa para informar o backup dos dados. Se algum fator externo ou interno impedir o backup, o LED não acende para informar falha no sistema de backup.

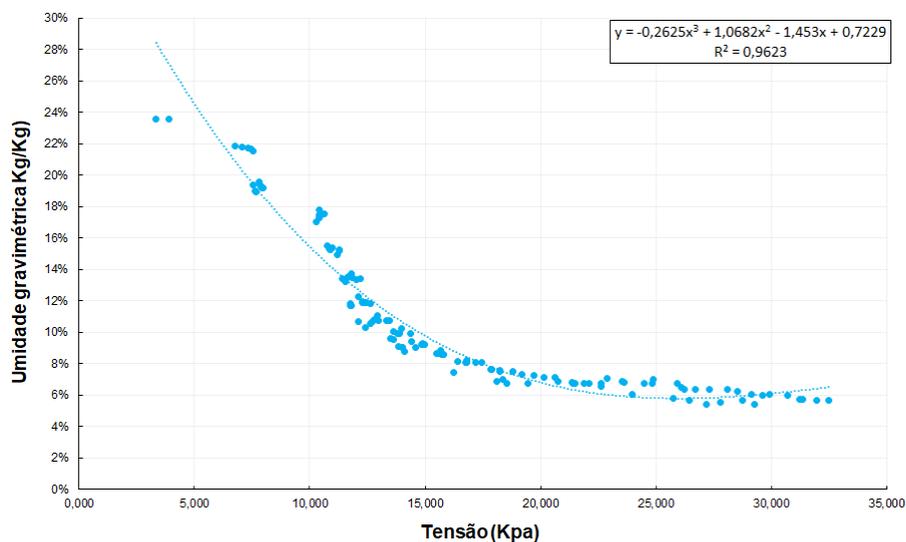
Na etapa seguinte, o sistema avalia os níveis de umidade do solo e, caso a umidade estiver abaixo do nível ideal programado, o sistema calcula e aciona o tempo de irrigação (tirrig) necessário para a reposição de água no solo. O sistema realiza tirrig a cada 15 minutos, porém,

o acionamento da irrigação só é permitido num intervalo de, no mínimo, uma hora entre duas irrigações. Essa restrição é necessária pelo fato de que os sensores só irão detectar a água que foi aplicada algum tempo depois da aplicação. Isso ocorre porque a infiltração da água, até chegar na profundidade da cápsula, não é instantânea. Caso não houvesse essa condição o sistema iria acionar a irrigação várias vezes sem necessidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Equação de calibração*

A figura 3 retrata o resultado dos dados coletados durante a calibração. Verificou-se oscilações nas leituras dos tensiômetros. A calibração é uma das etapas mais importantes para a configuração do sistema inteligente, pois é ideal que a equação de calibração tenha os menores erros possíveis para um controle de irrigação mais eficiente. Tendo em vista que se trata de um sistema de controle híbrido e as informações de umidade fornecidas pelos sensores são usadas por ele para calcular a necessidade hídrica da cultura, quanto mais precisas forem as leituras de umidade, maior também será a eficiência do uso da água das áreas irrigadas.



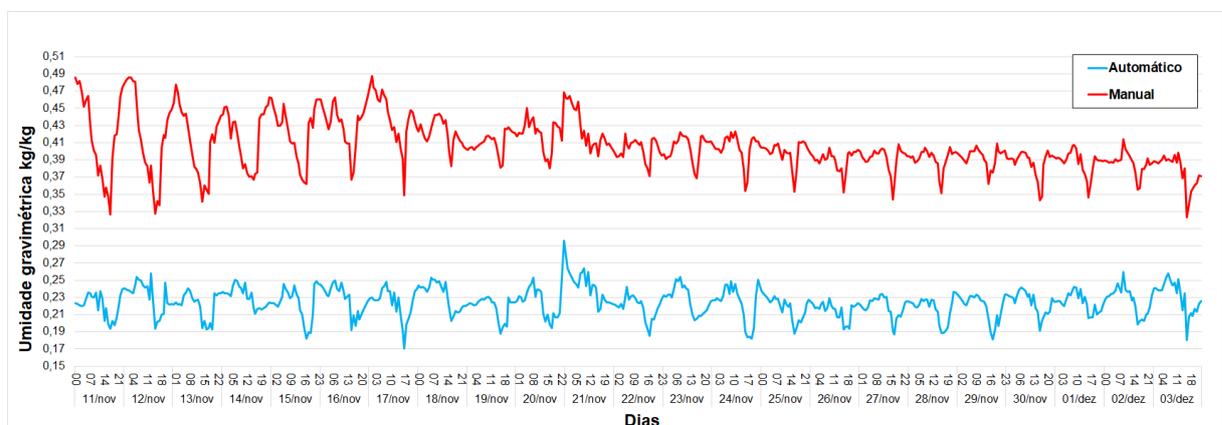
**Figura 3.** Curva de calibração do sistema.

Cada ponto apresentado é o resultado da média de cinco sensores no intervalo de 1 hora. A aquisição dos dados, tanto do sinal dos tensiômetros quanto o peso, foram iniciadas logo após a retirada das amostras da água, isso justifica uma umidade elevada nos dados, por volta de 3 Kpa volts, seguido de uma estabilização horizontal, por volta de 6 Kpa, fato esse relacionado a saturação das amostras na medição inicial.

Após serem postas para drenar, tem-se uma estabilização dos valores próximos a 22% de umidade, o que significa que a quantidade máxima que o solo em estudo consegue reter é 22%. A capacidade de campo foi determinada após 48 h do início do experimento, tempo esse, suficiente para que o excesso de água das amostras fosse drenado.

#### *Comparação de umidade entre a irrigação automática e por parâmetros climáticos*

A Figura 4 mostra o comparativo da umidade do solo entre os dois manejos da irrigação no final do experimento – 23 dias após o plantio. Observa-se a diferença de umidade existente entre os dois manejos, podendo-se identificar uma diferença média de 40% na umidade volumétrica.



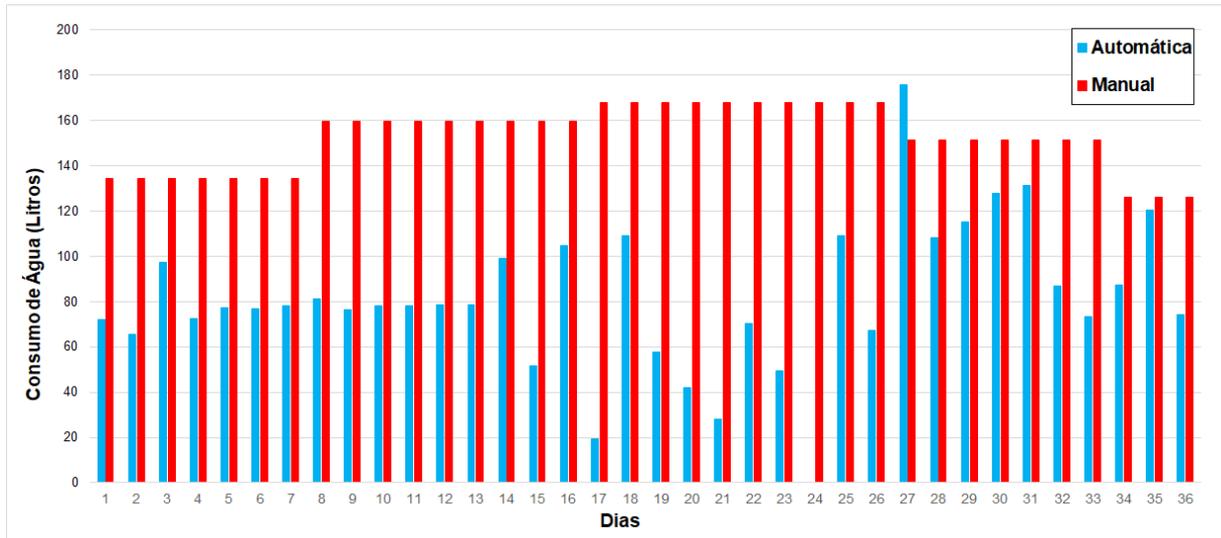
**Figura 4.** Variação de umidade para os dois manejos de irrigação estudado.

Essa grande diferença pode ter sido provocada pela má indicação de umidade aparente realizada pelos tensiômetros. Essa hipótese pode ser comprovada ao comparar os valores de umidade apresentados pelos tensiômetros com a umidade padrão que foi coletada no experimento de calibração.

#### *Consumo de água no Sistema inteligente x irrigação por indicativo via clima*

Em relação consumo hídrico, verificou-se que o sistema de manejo de irrigação automático teve um consumo de água de 47% menor do que a irrigação por indicativo via clima (Figura 5).

O consumo é uma variável indispensável em qualquer meio de produção agrícola, pois a água complementa uma parte do custo de produção agrícola. Mesmo que o produtor não pague pela quantidade de água utilizada na irrigação, o consumo de água impacta diretamente no consumo de energia elétrica, pois quanto mais água o agricultor gasta para irrigar suas plantações, maior será o seu consumo de energia elétrica.



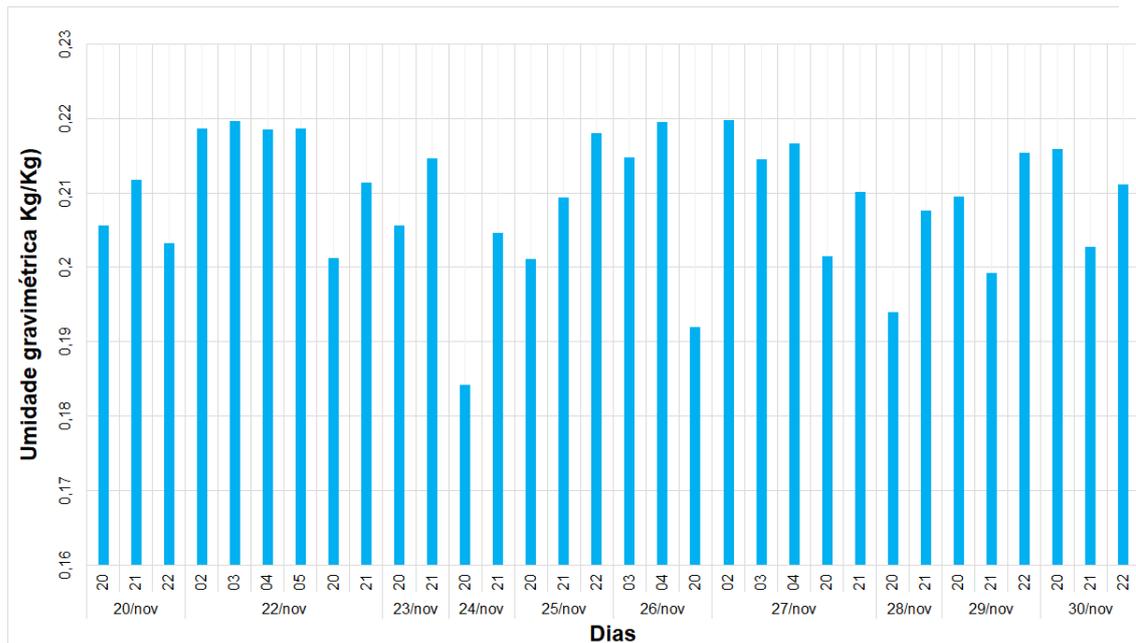
**Figura 5.** Consumo de água diário para os dois sistemas de manejo.

#### *Avaliação do acionamento automático*

Ao se trabalhar com controladores de irrigação automático, é importante que as variáveis de controle sejam bem definidas, para minimizar possíveis falhas. Como foi visto na seção de fluxograma de operação, o sistema foi configurado com algumas restrições para evitar acionamentos indevidos, os quais se mostraram eficazes. Porém, ao avaliar os resultados do experimento, foi percebido que alguns acionamentos foram desnecessários e, este fato, ocorreu porque o sistema ficou tentando deixar a umidade em um valor maior ou igual a 22%, mesmo que fosse necessário acionar a irrigação por pouco tempo.

Na Figura 6 estão os valores de umidade do solo antes da irrigação ser acionada, num período de 10 dias. Pode-se perceber que o sistema realizou várias irrigações até que a umidade desejada fosse atingida, mostrando que é um sistema robusto e eficaz. Os valores de umidade exposto são os dados que o sistema usou para calcular o tempo de irrigação necessário para atingir a umidade ideal.

Note que na calibração dos tensiômetros, para as condições do experimento, registrou-se precisão de 96%, isto é, o sistema lerá um valor, porém esse valor pode ser 4% maior ou menor do que o valor real. Logo, um valor de 22%, pode oscilar entre 21 e 23% e, neste caso, os valores de umidade do solo acima de 21% são considerados ideais. Dessa forma pode-se perceber que houve muitos acionamentos desnecessários como, por exemplo, na noite do dia 25 para 26 de novembro (Figura 6). Nesta noite, o sistema realizou 5 acionamentos, porém apenas 2 realmente foram efetivos (com umidade abaixo de 21%), mas apesar de muitos acionamentos desnecessários, não se pode dizer que houve grandes desperdícios de água.



**Figura 6.** Umidade antes do acionamento da irrigação.

## CONCLUSÕES

O sensor de umidade é capaz de monitorar a umidade do solo em tempo real e estimar com precisão a necessidade hídrica das culturas. O sistema reduziu o consumo hídrico em 47% em relação ao manejo tradicional em que a demanda hídrica é estimada pelos dados de estações climatológicas, sendo uma ferramenta que pode contribuir positivamente para garantir a segurança hídrica na agricultura, uma vez que se pode obter rendimentos com maior eficiência de uso da água. Em trabalhos futuros poderão ser desenvolvidos sensores mais precisos com o objetivo de melhorar a eficiência de aplicação da água na irrigação. Vale ressaltar ainda, que outros sistemas poderão ser desenvolvidos a partir deste sistema com o intuito de ser mais acessível aos irrigantes de baixa renda.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA, Agência Nacional de Águas. **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. 2.Ed. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2021. 127p. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/centrais-de-conteudos/publicacoes/publicacoes-1>>. Acesso em: 3 fev. 2021.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019: informe anual**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2019. 100p. Disponível em: <[http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura\\_informe\\_anual\\_2019-versao\\_web-0212-1.pdf](http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_informe_anual_2019-versao_web-0212-1.pdf)>. Acesso em: 3 fev. 2021.

MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R.; COSTA, A. R. F. C.; TOMAZ, H. V. DE Q. Manejo do solo-água-planta em áreas afetadas por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. DA S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados**. 2.ed. Fortaleza, INCTSal, 2016. p. 321-335.

PAOLINELLI, A.; DOURADO NETO, D.; MANTOVANI, E. C. **Agricultura irrigada no Brasil: ciência e tecnologia**. 2022.