

## REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS E DE CONDENSAÇÃO DE AR-CONDICIONADO PARA USO EM IRRIGAÇÃO INTELIGENTE NO IFSP – CÂMPUS VOTUPORANGA

**Amanda Gabrielli Crepaldi MEDINA**<sup>1</sup>  
Graduada em Engenharia Civil  
IFSP/Câmpus Votuporanga

**Raphael Saverio SPOZITO**<sup>2</sup>  
Mestre em Engenharia Civil/UNESP  
Docente de Engenharia Civil  
IFSP/Câmpus Votuporanga

### RESUMO

A escassez de água é uma preocupação ambiental em escala mundial. Como consequência, atualmente se busca a otimização dos recursos hídricos. O uso de águas pluviais ou de condensação de aparelhos de ar-condicionado apresenta-se como uma alternativa de reaproveitamento de água. Em paralelo, com o avanço exponencial das novas tecnologias de automação, é interessante aliar o contexto de sustentabilidade com a implementação de sistemas automatizados, maximizando sua eficiência na economia de água. Em virtude do exposto, foi efetuado um estudo para determinar o volume de reservatório juntamente com a elaboração de de um circuito com microcontrolador do tipo Arduino integrado a sensores para automação do uso da água em irrigação no IFSP, Campus Votuporanga. Por fim, foi possível verificar que, de acordo com a demanda adotada, o sistema tem grande potencial de se tornar uma solução viável e sustentável. Além disso, a redução do desperdício que a irrigação inteligente proporciona também é evidente com as simulações de funcionamento do circuito, que só irá irrigar se condições de solo e reservatório se mostrarem adequadas.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade; Economia de Água; Irrigação Inteligente; Automação.

### Introdução

Atualmente, as questões relacionadas à preservação ambiental e ao uso consciente da água passaram a ser uma preocupação mundial, devido à crise hídrica originada pela degradação do meio ambiente, o que tem impulsionado o aumento crescente de políticas públicas voltadas à promoção de práticas sustentáveis (TUGOZ; BERTOLINI E BRANDALISE, 2017).

---

<sup>1</sup> Endereço eletrônico: amandagabrielli1@hotmail.com

<sup>2</sup> Endereço eletrônico: rspozito@ifsp.edu.br

O uso de sistemas de reaproveitamento de águas de chuvas para fins não potáveis apresenta ser uma alternativa viável para a economia de água potável, conforme verificado por (TUGOZ, BERTOLINI E BRADILISE, 2017) e (GUTERRES, FERNANDES E BARBACOVI, 2013). Em relação aos benefícios apresentados pelo uso de sistemas de reaproveitamento de águas pluviais, Tugoz, Bertolini e Bradilise (2017) obtiveram uma redução do consumo de água potável em valores próximos a 57,97% em uma unidade escolar localizada no Paraná. Guterres, Fernandes e Barbacovi (2013) obtiveram uma economia de água potável de aproximadamente duzentos e setenta mil litros de água anualmente com sistemas de reaproveitamento de águas pluviais destinadas ao uso em bacias sanitárias e mictórios.

Senger e colaboradores (2018) realizaram um estudo sobre o reuso da água gerada por climatizadores em instituição pública de ensino; analisando cinco equipamentos com capacidade de 8.000 BTU's, concluíram quanto ao aproveitamento de 3.000 litros de água, em 22 dias, equivalente a um mês de uso, podendo abastecer a cisterna da instituição nos períodos de menor incidência pluvial, uma vez que a cisterna estará cheia em períodos de chuva. Os autores constataram a possibilidade do uso da água dos aparelhos climatizadores, reduzindo o consumo potável para fins não potáveis, bem como impedir a presença constante da umidade na base das edificações.

Pardo (2016) realizou um estudo de captação de água condensada de 8 aparelhos de ar-condicionado no IFSP – Campus Votuporanga, resultando em uma média de 245 litros de água condensada por mês por aparelho. O autor ressalta que os meses de janeiro, julho e dezembro não terão nenhum volume captado pois é o período de férias e, além disso, há uma diferença na captação devido à períodos com baixa temperatura.

É importante salientar que para uma otimização dos recursos hídricos não basta somente um sistema de captação consciente e eficiente, mas também um destino adequado para a água captada. De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA (2020), no ano de 2019 o abastecimento urbano ficou em segundo lugar considerando o consumo de água potável, sendo responsável por 24,3% de toda água utilizada no país. Por isso, é de grande importância que o destino da água de reúso seja voltado à locais que não necessitam da potabilidade, como jardins, hortas ou gramados.

Santos (2010) realizou um estudo sobre a aplicação de automação na irrigação, apresentando um método adaptativo para controlar automaticamente um sistema de irrigação. As medições dos parâmetros climáticos, realizadas pelos sensores, são enviadas ao microcontrolador que acionará ou não o sistema de acordo com as condições do solo, controlando assim a lâmina de irrigação. Dessa forma, o autor constata que as leituras

alcançaram o resultado esperado para a automatização, sendo bem sucedido nos testes e que a grande vantagem da utilização desse sistema é o controle preciso da lâmina de irrigação.

Assim, o desenvolvimento de sistemas automatizados com o intuito de aumentar a eficiência na redução de consumo de água potável pode ser uma alternativa para a área de sustentabilidade, justificando o presente trabalho pela importância da escassez dos recursos hídricos, que torna a busca pelo uso consciente da água cada vez maior, e esta por sua vez, aliada às novas tecnologias, propicia respostas mais eficientes e produtivas para as pesquisas

Neste contexto, foi realizado um projeto de captação de águas pluviais e provenientes de climatizadores de ar, no intuito de irrigar uma área que consiste em um gramado localizado nos fundos da escola, implementando a automação do sistema de irrigação com equipamentos de baixo custo. A incorporação de novas tecnologias como microcontroladores do tipo Arduino integrado a sensores é uma alternativa tecnológica.

### **Caracterização do sistema**

O projeto caracteriza-se como um estudo no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, campus Votuporanga dividido em duas etapas: a primeira consistiu na determinação da área de captação de águas pluviais e determinação do volume de armazenamento considerando dados pluviométricos históricos; a segunda etapa consiste na elaboração de um projeto para automação da irrigação para atingir a completa autossuficiência a planta e acionar o sistema automaticamente, dependendo do nível do reservatório e umidade do solo.

Primeiramente as áreas de captação de água pluvial e irrigação foram definidas de acordo com a proximidade com o maior número de aparelhos de ar condicionado, além da topografia do terreno que contribui para a chegada da água no reservatório por gravidade. A captação pluvial será realizada através das calhas da cobertura e tubulação do edifício composto por salas de aula, e o consumo da água captada e armazenada em reservatório é realizado pela irrigação da área de gramado selecionada (Figura 1). Ressalta-se que a área selecionada para irrigação possui como função a arborização da instituição, conforme ações internas de funcionários.

**Figura 1** – Identificação da (a) áreas do estudo e (b) tipo da área para captação ou consumo



Fonte: Autores

Para o cálculo do volume de captação de água pluvial, a NBR 15527 (ABNT, 2007) estabelece a equação a seguir:

$$V = P \cdot A \cdot C \cdot \eta_{\text{fator de captação}} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

V é o volume mensal de água de chuva aproveitável;

P é a precipitação média mensal;

A é a área de coleta;

C é o Coeficiente de escoamento superficial da cobertura; e

$\eta_{\text{fator de captação}}$  é a eficiência do sistema de captação.

Para a equação (1) levou-se em consideração dados de precipitação mensal (P) obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2018), em uma área de coleta com 1.070m<sup>2</sup> (A). Além disso, segundo Tomaz (2007), o coeficiente de escoamento superficial (C) em telhas corrugadas de metal varia de 0,8 a 0,9, e para o fator de captação ( $\eta$ ), essa variação está de 0,5 a 0,9. Assim, de acordo com as considerações do mesmo autor, os valores adotados para o presente trabalho foram de 0,9 para o coeficiente de escoamento e 0,9 para o coeficiente de captação.

De acordo com a conclusão de Pardo (2016), o volume diário estimado de captação de água condensada é de 98 litros em um conjunto de 8 aparelhos, resultando em um valor médio de 12,25 litros de água por unidade. Assim, adotando esse valor médio diário multiplicados por 5 dias da semana e 4 semanas no mês, obtém-se um valor de 245 litros por mês por aparelho, não sendo considerado esse abastecimento no sistema de reaproveitamento para os meses de janeiro, julho e dezembro. Além disso, há uma diferença na captação devido a períodos com

baixa temperatura, porém o valor utilizado no projeto levará em conta o pior caso obtido no estudo em referência, ou seja, com temperatura ambiente mais amena.

O cálculo da quantidade de água necessária para a irrigação deve considerar o processo de evapotranspiração, representado pela junção da quantidade de água perdida por evaporação na atmosfera e no solo e da quantidade efetivamente utilizada pela planta. Almeida (2012) analisou a evapotranspiração da grama para os meses de estiagem e depois para meses com frequência de precipitação. Foram considerados 4 tratamentos: com reposições de 50%, 75%, 100% e 150% da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). Assim, essas medidas expressam que a quantidade de água aplicada será em função desses valores da ET<sub>o</sub>, que garantem, melhor desenvolvimento da grama. A Tabela 1 apresenta os resultados das lâminas de irrigação diária para cada tratamento adotado, sendo possível notar uma necessidade de reposição maior em meses de estiagem (de junho a setembro) do que nos demais meses.

**Tabela 1** – Consumo para variadas ET<sub>o</sub>

<b>Tratamentos</b>	<b>Lâmina de irrigação diária em meses de estiagem (mm)</b>	<b>Lâmina de irrigação diária nos demais meses (mm)</b>
50%	1,56	0,80
75%	2,33	1,20
100%	3,11	1,61
150%	4,66	2,41

Fonte: adaptado de Almeida (2012)

Para o projeto adotou-se um tratamento de 75% da evapotranspiração de referência. Dessa forma foram realizados os cálculos para a demanda mensal, incidindo em uma área de 500m<sup>2</sup>.

A norma NBR 15527 (ABNT, 2007), descreve alguns procedimentos para dimensionamento de reservatório para água pluvial, são eles: Rippl, Maior período de Estiagem, Métodos empíricos (Brasileiro, Alemão e Inglês) e Simulações. Brandão e Marcon (2018), em análise dos diferentes métodos de dimensionamento fornecidos pela norma concluem que entre os métodos o que fornece maiores níveis de garantia é o de Rippl que, com avaliações mensais de consumo, apresenta acima de 98,4% de confiabilidade.

Portanto, entre os dimensionamentos fornecidos por norma, escolheu-se o método de Rippl com um sistema de análises de tabela, para o qual será utilizado o Microsoft Excel, levando em consideração uma demanda variável em períodos mensais.

Para melhor observação do sistema hidráulico realizou-se o traçado das tubulações de captação de água pluvial e de aparelhos de ar-condicionado, através do software Revit, desenvolvido pela Autodesk.

As tubulações de água pluvial são coletadas nas calhas e transportadas enterradas no piso, além disso há 5 coletores verticais, um para cada extremidade do bloco. As tubulações utilizadas são de PVC com diâmetro de 80mm. Já as tubulações para os aparelhos de ar-condicionado estão no nível do piso e, posteriormente enterradas quando chegam no coletor principal. O material utilizado foi PVC com diâmetro de 20mm.

Ambas as tubulações desembocarão em um coletor principal que será enterrado e passará na proximidade de ambos os edifícios, coletando as águas pluviais e de aparelhos de ar-condicionado. O material foi PVC com diâmetro de 150mm.

### **Componentes utilizados para automação do sistema**

#### **a) Arduino**

Um Arduino é um microcontrolador, uma plataforma de computação onde há a possibilidade de programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos que conectarem a ele.

#### **b) Sensores analógicos**

Os sensores analógicos retornam valores de saída em uma escala de 0 até 1024, em função da resistividade do mesmo. Esses valores, quando obtidos pelo microcontrolador, devem ser convertidos em unidades padrão através de formulação que pode ser obtida por calibração do mesmo ou ser padronizada pelo fabricante.

O sensor de umidade irá avaliar a presença de água no solo onde ele está inserido, com a finalidade de detectar as variações de umidade através da resistividade do solo que, quanto maior mais seca a terra se apresenta. O sensor opera com variáveis de saída e apresenta valores adimensionais entre 0 e 1024. O sensor ultrassônico realiza a aferição de distâncias, e será utilizado no projeto para aferir o nível do reservatório, através da distância entre a água e o sensor.

#### **c) Módulo Relé**

Um microcontrolador como o Arduino utiliza tensões e correntes baixas em seu funcionamento. Quando há a necessidade de cargas com valores de corrente ou tensão maiores utiliza-se um dispositivo que suporte a demanda, como o relé.

d) **Display LCD**

O display LCD é um pequeno monitor que, quando programado pelo microcontrolador, possibilita a visualização de dados que estão sendo obtidos pelos equipamentos também integrados no microcontrolador.

e) **Tinkercad®**

O Tinkercad® é um software desenvolvido pela Autodesk® que roda em um navegador de internet e realiza simulações de circuitos elétricos analógicos e digitais, além de possibilitar modelagens 3D. Tal ferramenta foi importante para o projeto visto que essa já possui uma biblioteca de componentes de microcontroladores e sensores para a implantação de código no circuito para simulações.

f) **Fluxograma para definir o estado (ligado/desligado) do conjunto**

A elaboração de um fluxograma para posterior criação de um código é de suma importância para a organização de ideias e entendimento de processos. Para isso, utilizou-se a ferramenta de edição gráfica draw.io que possui uma versão online e pode ser acessada pelo navegador de internet e possibilitou a elaboração e edição do fluxograma com grande facilidade.

Para averiguar se o código instalado está funcionando de acordo com as condições impostas pelo fluxograma é necessário realizar simulações para testes do estado da bomba, onde é preciso verificar 4 situações pertinentes para o correto funcionamento do sistema. Na primeira simulação a situação de bomba ligada está ocorrendo somente se as condições de nível e umidade estão sendo atendidas, ou seja, se o nível está acima de 10% e a umidade está abaixo de 49%. Posteriormente, uma segunda situação é o desligamento da bomba devido ao reservatório apresentar um nível abaixo de 10%, não atendendo uma das condições, então a bomba está desligada. Em uma terceira simulação, a umidade está acima de 49%, registrando um solo sem necessidade de irrigação, portanto a bomba se encontra desligada. Por fim, na última verificação nenhuma das condições são atendidas, registrando umidade acima de 49% e o nível de reservatório abaixo de 10%, resultando no estado de bomba desligada.

### **Obtenção de dados para a automação do sistema**

Para o sensor de umidade realizou-se a calibração, no laboratório de solos da instituição, com 3 amostras de solo, para a correta relação entre teor de umidade e a variação do sensor, pois o mesmo varia de acordo com a resistividade do solo e para uma correta avaliação do estado em que o solo se encontra é necessário transformar esses valores de resistividade em teores de umidade.

Com o intuito de estimar a umidade do solo através das leituras do sensor de umidade, foram efetuadas 3 amostras de solo com diferentes umidades, a primeira amostra de solo foi denominado Solo Seco, onde o mesmo foi obtido sem nenhuma adição de água e com exposição ao tempo por 24 horas. A segunda amostra de solo, definida como Umidade Moderada, foi adicionado água para aumentar a umidade do respectivo solo. Por fim, a última amostra, com umidade saturada, foi denominada de Solo Úmido.

Posteriormente, para cada leitura obtida nos ensaios com a inserção do sensor na amostra, foram relacionados esses valores com os valores de umidade obtidos pela amostra, os quais foram realizados de acordo com a NBR 6457:2016. Assim, a partir desses valores, foi possível relacionar faixas de valores obtidos pelo sensor por faixas de umidade do solo (Tabela 2).

**Tabela 2** - Calibração do sensor

<b>Tipo de solo</b>	<b>Leitura do sensor (resistividade do solo)</b>	<b>Teor de umidade aproximado</b>
Solo úmido	0 a 510	50% a 100%
Umidade moderada	511 a 720	15% a 49%
Solo seco	721 a 1024	0% a 14%

Fonte: Autores

Já para o sensor ultrassônico o valor de retorno referem-se ao ao volume existente no reservatório, ou seja, a altura do nível d'água. Esse sensor, por se tratar de medidas a serem obtidas no interior do reservatório, não foi realizado calibração do mesmo, estimando-se assim os valores de porcentagem para referenciar ao nível d'água (0% completamente vazio e 100% completamente cheio). Além disso, por se utilizar uma linguagem de programação, esses valores podem ser definidos de acordo com a viabilidade da altura mínima necessária para o funcionamento da bomba d'água, considerando como 10% para o projeto.

Com os dados coletados o Arduino processará as tomadas de decisão, acionando ou desligando a irrigação dependendo das condições de solo e reservatório recebidas pelos sensores. O Arduino apenas acionará o sistema se o sensor de umidade identificar uma leitura abaixo de 49% e se o nível do reservatório estiver acima dos 10%.

Para desligar ou acionar o sistema, o comando será emitido pelo Arduino, que ativará o módulo relé gerando uma tensão necessária para a bomba, iniciando ou desligando a irrigação.

### Obtenção de dados para a análise da viabilidade econômica

A análise da viabilidade econômica foi realizada considerando somente os custos da tubulação e reservatório por serem de maior impacto econômico comparados com a economia que o sistema gera com sua implantação. Para isso, realizou-se primeiramente o levantamento dos custos de serviços necessários através do SINAPI, com data base de abril de 2020, considerando o traçado definido para o projeto.

Em seguida foi realizada uma consulta na concessionária de água em Votuporanga, a SAEV, e, através de uma tabela de preços no site (Figura 2), foi possível analisar a tarifa de água do município para atividade pública. Além disso, a tarifa de esgoto, segundo Votuporanga (2016), regula que deve ser aplicada em 80% do valor total cobrado na tarifa de água.

**Figura 2** - Tarifa de água da concessionária SAEV

VI - PUBLICA		
Consumo mínimo até 10m <sup>3</sup>	R\$	55,12
Consumo de 11m <sup>3</sup> a 20m <sup>3</sup>	R\$	6,40
Consumo de 21m <sup>3</sup> a 30m <sup>3</sup>	R\$	9,29
Consumo de 31m <sup>3</sup> a 50m <sup>3</sup>	R\$	11,03
Consumo acima de 50m <sup>3</sup>	R\$	12,96

Fonte: Votuporanga (2016)

Sendo assim, com o histórico de consumo mensal de água do Instituto Federal – Câmpus Votuporanga, disponibilizado para a realização deste estudo, levantou-se uma estimativa de economia mensal para o sistema.

### Resultados e discussão

Através dos dados de fornecimento de água pluvial e pela condensação de água dos aparelhos de ar-condicionado foi possível obter o fornecimento total para o sistema, Tabela 3.

**Tabela 3** – Previsão de fornecimento total do sistema

Meses	Precipitação Média Mensal (mm) *	Captação de água pluvial (m <sup>3</sup> )**	Captação dos aparelhos de ar-condicionado (m <sup>3</sup> ***)	Fornecimento total do sistema (m <sup>3</sup> )
Janeiro	243,6	211,128	0	211,128
Fevereiro	137,5	119,171	3,675	122,846
Março	148,4	128,618	3,675	132,293
Abril	91,8	79,563	3,675	83,238
Maiο	52,7	45,675	3,675	49,350
Junho	19,3	16,727	3,675	20,402
Julho	22,9	19,847	0	19,847
Agosto	13,9	12,047	3,675	15,722
Setembro	48,6	42,121	3,675	45,796
Outubro	97,6	84,589	3,675	88,264
Novembro	133,5	115,704	3,675	119,379
Dezembro	220,1	190,76	0	190,76

\* Conforme dados históricos obtidos de INMET (2018)

\*\* Conforme Eq. (1)

\*\* De acordo com volumes estimados por Pardo (2016)

Fonte: Autores

O consumo do sistema, expresso na Tabela 4, mostra a lâmina d'água mensal, obtida através da multiplicação da lâmina d'água diária (Tabela 1) por 30 dias, e a demanda mensal do sistema, multiplicando a lâmina d'água mensal pela área de irrigação (500m<sup>2</sup>). Além disso, considera-se que a própria chuva que incide no solo também o irriga, havendo necessidade de analisar a demanda mensal após a chuva, como mostra a coluna “Demanda d'água mensal após a chuva (m<sup>3</sup>)” da Tabela 4. Dessa forma, constatou-se que haverá meses em que a própria chuva incidindo na área de irrigação será suficiente para a demanda da irrigação da grama, evidenciado com a necessidade de demanda igual a zero na Tabela 4, não havendo a utilização de água do reservatório.

Entretanto, nos meses de estiagem, em que a pouca chuva incidindo não consegue suprir a demanda da grama, haverá a necessidade de fornecimento do sistema, visto que, como mostra a Tabela 4, o consumo na irrigação nesse período é intenso. Por conseguinte, o projeto focará sua funcionalidade nos meses de estiagem.

**Tabela 4** – Dados relacionando precipitação com consumo na irrigação

Meses	Lâmina d'água mensal (mm)	Demanda d'água mensal do sistema (m <sup>3</sup> )	Demanda d'água mensal após a chuva (m <sup>3</sup> )
Janeiro	35	17,5	0
Fevereiro	35	17,5	0
Março	35	17,5	0
Abril	50	25	0
Mai	50	25	0
Junho	70	35	25,35
Julho	70	35	23,55
Agosto	70	35	28,05
Setembro	50	25	0,7
Outubro	50	25	0
Novembro	50	25	0
Dezembro	35	17,5	0

Fonte: Autores

Inicialmente, foram relacionados os volume mensais necessários para a irrigação, ou seja, o consumo do sistema, obtido através da ultima coluna da Tabela 4. Esses valores foram indicados na coluna [1] da Tabela 5. Além disso, a coluna [2] da Tabela 5 expressa os valores de captação pluvial e de água de condensamento de aparelhos de ar-condicionado, que referem-se aos resultados obtidos da Tabela 3.

Realizando a subtração da coluna [1] pela coluna [2] da Tabela 5, resultando na coluna [3], são obtidos os valores de diferença entre os volumes de demanda e fornecimento, ou seja, as diferenças negativas demonstram quando não haverá a necessidade de um armazenamento. Já nos meses que estão positivos (meses de estiagem) haverá a necessidade de um armazenamento prévio, e são nesses meses que o método de Rippl é utilizado para o dimensionamento do reservatório.

Realiza-se então a análise da coluna [4] da Tabela 5, que refere-se a soma acumulada dos valores positivos. Através do método de Rippl, conforme mostra a Tabela 5, existe a necessidade de um reservatório de 20m<sup>3</sup> para o armazenamento prévio adequado, de forma a atender a demanda de irrigação do sistema nesse período. O valor de reserva é obtido considerando os resultados da coluna [5], onde valores próximos a zero indicam o consumo da reserva do sistema. Nesse ponto, é valido ressaltar que o valor de 20 m<sup>3</sup> foi obtido através da iteração de volumes de reservatórios existentes, os quais resultaram nos valores mais próximos a zero. Com isso, é possível observar a variação no volume do reservatório (Tabela 5), conforme

irá suprindo o sistema, nos meses de estiagem, permitindo uma noção clara do quanto o consumo na irrigação nesse período é intenso.

**Tabela 5** – Dimensionamento do reservatório através da análise acumulada dos meses de estiagem

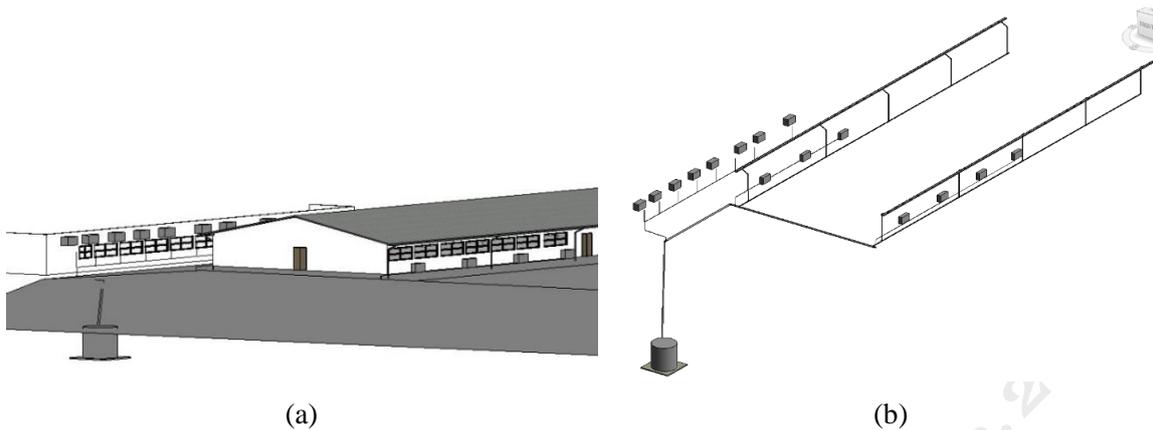
Meses	[1] Demanda d'água mensal após a chuva (m <sup>3</sup> )	[2] Fornecime nto total do sistema (m <sup>3</sup> )	[3] Diferença entre os volumes da demanda e do fornecimento (m <sup>3</sup> )	[4] Diferença acumulada dos valores positivos da coluna anterior	[5] Variação no volume do reservatório (adotando 20m <sup>3</sup> )
Janeiro	0	211,128	-211,128	0	20
Fevereiro	0	122,846	-122,846	0	20
Março	0	132,293	-132,293	0	20
Abril	0	83,238	-83,238	0	20
Mai	0	49,350	-49,350	0	20
Junho	25,35	20,402	4,948	4,948	15,05
Julho	23,55	19,847	3,703	8,650	11,35
Agosto	28,05	15,722	12,328	20,978	-0,98
Setembro	0,7	45,796	-45,097	0	20
Outubro	0	88,264	-88,265	0	20
Novembro	0	119,379	-119,379	0	20
Dezembro	0	190,76	-190,761	0	20

Fonte: Autores

A visualização do sistema hidráulico em conjunto com os demais elementos do terreno pode ser feita na Figura 2.a. Além disso, o traçado da tubulação na Figura 2.b, mostra a captação da água da chuva e dos aparelhos de ar condicionado no bloco D, onde oito dos aparelhos estão localizados na edificação ao lado, no bloco C.

A localização do reservatório foi definida próximo à área a ser irrigada, no final de um talude. Sendo considerado como um reservatório enterrado para minimizar interferências com o uso da edificação (local de passagem de pessoas e vigilância noturna), o que possibilita a água chegar por gravidade. Suas dimensões são de base circular com 3,17m de diâmetro e altura de 2,83m, em acordo com medidas encontradas comercialmente para um reservatório do volume estimado igual a 20 m<sup>3</sup> obtidos pelo dimensionamento.

**Figura 2** – Vista da edificação com a tubulação (a) e visualização da tubulação isolado (b)



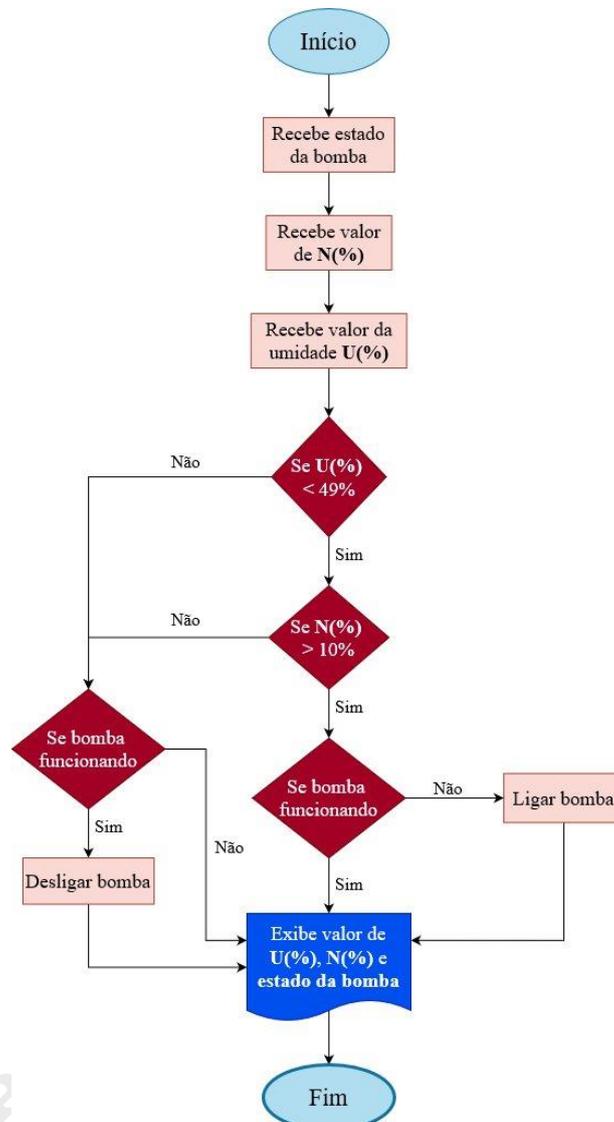
Fonte: Autores

O fluxograma da Figura 3 define o estado da bomba (ligado/desligado) através dos dados coletados pelos sensores e dispositivos, onde primeiramente há o recebimento do estado da bomba, no caso se ela está funcionando ou não, dos valores do sensor de umidade e do sensor de distância. A tomada de decisão se baseou na umidade do solo e no nível do reservatório.

A umidade é expressa em porcentagem com a simbologia “U(%)”, a qual foi coletada com a calibração do sensor. O solo é irrigado apenas se apresentar um teor de umidade de 0% a 49%, que se apresenta como solo seco ou com uma umidade moderada, conforme aumenta a porcentagem. O nível do reservatório é então aferido pelo sensor ultrassônico, expresso também em porcentagem, através da simbologia “N(%)”. A irrigação é acionada apenas quando esse valor for maior que 10% da altura do reservatório. Como o reservatório tem 20m<sup>3</sup> e uma altura de 2,83m, para que o nível seja maior que 10% a água deve estar acima de 30cm. Após analisado os valores e tomada a decisão, baseada no estado anteriormente adquirido da bomba, será exibido os valores de umidade, nível e estado da bomba no display LCD.

Para a simulação do fluxograma que define o estado da bomba, foi realizada a montagem do circuito no Tinkercad<sup>®</sup> (Figura 4). Os dispositivos utilizados foram os mesmos citados anteriormente, com a diferença que a ferramenta não possui sensor de umidade, sendo assim ele foi substituído por um potenciômetro, que realiza a mesma função, com medição de valores entre 0 a 1024 (valores analógicos em função da resistividade). Além disso, também foram acrescentados um motor simulando o estado da bomba e uma fonte externa de alimentação.

Figura 3 - Fluxograma para acionamento do estado do conjunto

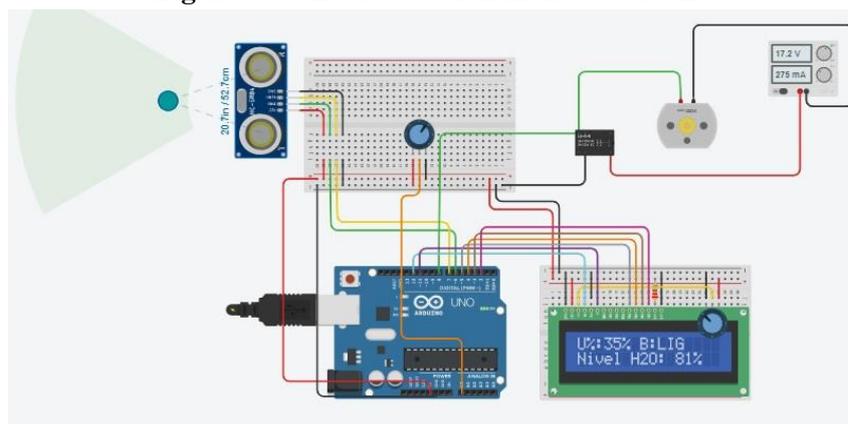


Fonte: Autores

É importante ressaltar que após a montagem do sistema no Tinkercad® foi realizado o código de para implementação no microcontrolador, expresso no Quadro 1.

Após a montagem do sistema foi feito o código, que irá operar como mostrado no fluxograma.

Figura 4 – Circuito de acionamento do sistema



Fonte: Autores

Com o código pronto e o circuito montado foram realizadas as simulações de funcionamento do sistema, onde é preciso notar quatro situações pertinentes para a verificação do seu correto funcionamento, expressas na Tabela 5.

Tabela 5 – Análise das leituras

Situação	Leitura da umidade	Leitura do nível do reservatório de 20m <sup>3</sup>	Estado da bomba
1	35%	81%	ligada
2	29%	2%	desligada
3	76%	77%	desligada
4	74%	6%	desligada

Fonte: Autores

Os testes para as situações de simulação resultam na comprovação de que o sistema está funcionando corretamente, ou seja, o código obtido está de acordo com as condições impostas pelo fluxograma para a determinação do estado ligado/desligado da bomba. Por conseguinte, a bomba será ligada apenas se as condições de umidade e reservatório se mostrarem satisfatórias.

Em se tratando da viabilidade econômica, o levantamento para os custos do projeto, através das tabelas SINAPI, é apresentado através de uma planilha de orçamento que fornece um custo total estimado de R\$29.398,39 com a implantação do sistema hidráulico.

Para o levantamento do consumo mensal de água pela escola, é realizada a média do consumo em um ano. Com isso, temos que o consumo médio mensal é 280m<sup>3</sup>, e através da Figura 2, que mostra como é realizada a cobrança da tarifa de água pela concessionária SAEV em atividades públicas, obtém-se um gasto médio mensal da tarifa de água de R\$3.413,42 e,

como dito anteriormente, o esgoto é tarifado com 80% da tarifa de água, sendo assim resultando em um gasto médio mensal de R\$2.730,74.

Considerando um consumo mensal mínimo de 20m<sup>3</sup> referente ao mínimo de 1 reservatório foi possível fazer uma análise anual. Vale ressaltar que, o consumo mínimo de 20m<sup>3</sup> é totalmente possível devido ao sistema extravasar uma grande quantidade de água em períodos que não há estiagem, indicados pelos valores negativos da coluna [3] da Tabela 5, podendo assim ter um consumo maior que o estipulado nesse projeto, viabilizando estudos futuros para uso dessa água para outros fins não potáveis, como lavagem do pátio, gerando uma economia ainda maior.

Por conseguinte, com essa redução no consumo, temos uma economia mensal como mostra a Tabela 6, que considera na coluna [2] a economia mensal que o sistema proporciona; nas colunas [3] e [4] é possível perceber a economia mensal em água e esgoto, respectivamente; e enfim a economia total mensal do sistema, na coluna [5].

**Tabela 6** - Análise mensal de redução na tarifa de água e esgoto com o sistema

Meses	[2] Economia do sistema (m <sup>3</sup> )	[3] Economia na tarifa de água (R\$)	[4] Economia na tarifa de esgoto (R\$)	[5] Economia total na tarifa (R\$)
Janeiro	20	259,2	207,36	466,56
Fevereiro	20	259,2	207,36	466,56
Março	20	259,2	207,36	466,56
Abril	20	259,2	207,36	466,56
Maio	20	259,2	207,36	466,56
Junho	25,35	328,54	262,83	591,37
Julho	23,55	305,21	244,17	549,38
Agosto	28,05	363,53	290,83	654,36
Setembro	20	259,2	207,36	466,56
Outubro	20	259,2	207,36	466,56
Novembro	20	259,2	207,36	466,56
Dezembro	20	259,2	207,36	466,56

Fonte: Autores

Em vista disso, realiza-se a soma da coluna de economia total mensal da Tabela 6, culminando em uma redução anual para o sistema de R\$5.994,15 que, com um custo para implantação de R\$29.398,39, é possível correlacionar os valores obtendo que o sistema de captação e irrigação possui um período de retorno de 4,9 anos, podendo ser reduzido com a implantação do uso da água em outras demandas como lavagem de pátios e descargas sanitárias.

## Conclusão

As variações no volume do reservatório (20m<sup>3</sup>) ocorrerão apenas em períodos de estiagem, onde pode-se encontrar outros fins para a água que não é utilizada pelo gramado nos demais meses. Isso permite perceber a abrangência que um sistema de racionamento de água proporciona, visto que a utilização dessa água seria apenas onde sua potabilidade não se torna necessária.

Observa-se também que para irrigar uma determinada área com o consumo estimado, considerando o período de estiagem, foi utilizado o dobro dessa área em captação de águas pluviais, além do fornecimento do ar condicionado, possibilitando entender a necessidade da gestão de recursos hídricos no desenvolvimento da sustentabilidade em áreas com consumo de água para fins não potáveis, além de possibilitar uma economia em períodos sem estiagem. Também averigua-se que, a implantação do projeto é viável financeiramente, com 4,9 anos de retorno do investimento; e do ponto de vista da sustentabilidade, com uma economia em torno de 20m<sup>3</sup> mensais de água, que pode chegar a 28m<sup>3</sup> em meses de estiagem.

A utilização do Arduino, além de ser uma tecnologia de baixo custo, ainda possui a vantagem da facilidade da realização de códigos e simulações que os softwares fornecem, permitindo englobar pessoas que não possuem necessariamente conhecimentos ou experiência em eletrônica e programação para sua utilização. Além disso, a redução do desperdício que a irrigação inteligente proporciona também é evidente com as simulações de funcionamento do circuito, que só irá irrigar se condições de solo e reservatório se mostrarem adequadas. É possível propor também, como estudo futuro, a utilização da água, nos demais meses que não está sendo usada na irrigação, para lavagem do pátio e água de descarga em vasos sanitários.

## Referências

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020: informe anual, Brasília, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR: 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, 2007.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: Requisitos, 2007.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR: 6457: Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização, 2016.**

ALMEIDA, R. G. **Irrigação no Desenvolvimento da Grama Bermudas**. 2012. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2012.

BRANDÃO, J. L. B.; MARCON, P. Análise dos métodos de dimensionamento de reservatórios de águas pluviais sugeridos pela NBR 15527/07 com base na simulação diária. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. V. 23, No. 6 p. 1031-1041 Nov/Dez, 2018.

GUTERRES, A. M.; FERNANDES, V. M. C.; BARBACOV, N. E. Utilização de água de fontes alternativas: uma percepção de educação ambiental em uma Instituição Federal de Ensino Tecnológico. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, V. 5, No. 4 p. 80-91 Dez, 2013.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Disponível em:** <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

MCRBERTS, M. **Arduíno básico**. São Paulo: Novatec Editora Ltda, 2011.

PARDO, A. F. Quantificação de avaliação para um destino das águas provenientes de ar condicionado no IFSP - Campus Votuporanga. **7º Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica do IFSP**, 2016.

ROCHA, F. B.; SILVA, R. S.; AVELINO A. M.; COSTA C. M. Plataforma de comunicação sem fio aplicada a sistemas de irrigação. **HOLOS**, Vol. 5 p.260-273, 2014.

SANTOS, F. A. M. Projeto de irrigação inteligente. **Holos**. V. 5 p.37-44, 2010.

SENGER, V. A. et al. O reúso da água gerada por climatizadores para resolução de problemas a partir de pesquisa-ação em Instituição Pública de Ensino. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, Vol. 7, N. 2 p.322-339 Mai./ Ago, 2018.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis Diretrizes básicas para um projeto. **6º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva**, Belo Horizonte, 2007.

TUGOZ, J.; BERTOLINI, G. R. F.; BRANDALISE, L. T. Captação e aproveitamento da água das chuvas: o caminho para uma escola sustentável. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, Vol. 6, N. 1 p.26-39 Janeiro/Abril, 2017.

VOTUPORANGA. (s.d.). DECRETO Nº 9.599, de 18 de novembro de 2016. Institui e aprova o Regulamento dos Sistemas Tarifário e Técnico dos Serviços prestados pela Superintendência de Água, Esgotos e Meio Ambiente de Votuporanga e dá outras providências

### **REUSE OF RAINWATER AND AIR CONDITIONING CONDENSATION FOR USE IN INTELLIGENT IRRIGATION IN IFSP - CAMPUS VOTUPORANGA**

#### **ABSTRACT**

*Water scarcity is a worldwide environmental concern. As a consequence, water resources are currently being optimized. The use of rainwater or condensation from air conditioning units is an alternative for reusing water. In parallel, with the exponential advancement of new automation technologies, it is interesting to combine the context of sustainability with the*

*implementation of automated systems, maximizing their efficiency in saving water. In view of the above, a study was carried out to determine the volume of the reservoir together with the elaboration of a circuit with an Arduino-type microcontroller integrated with sensors for automation of the use of water in irrigation at the IFSP, Campus Votuporanga. Finally, it was possible to verify that, according to the demand adopted, the system has great potential to become a viable and sustainable solution. In addition, the reduction of waste that intelligent irrigation provides is also evident with simulations of the circuit's operation, which will only irrigate if soil and reservoir conditions prove to be adequate.*

**Keywords:** Sustainability; Water Saving; Smart Irrigation; Automation.

**Envio: maio/2021**

**Aceito para publicação: junho/2021**