

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE  
CAMPUS DE NATAL  
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO  
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**FRANCISCA MÉRCIA AZEVÊDO DOS SANTOS**

**SISTEMA DE CONTROLE DO CONSUMO DE ÁGUA RESIDENCIAL UTILIZANDO  
ARDUINO**

NATAL

2018

**FRANCISCA MÉRCIA AZEVÊDO DOS SANTOS**

**SISTEMA DE CONTROLE DO CONSUMO DE ÁGUA RESIDENCIAL UTILIZANDO  
ARDUINO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Departamento de Ciência  
da Computação como requisito para a  
obtenção do título de bacharel em Ciência  
da Computação.

Orientadora: Dra. Adriana Takahashi.

NATAL  
2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do(a) autor(a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu(a) respectivo(a) autor(a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

**Catálogo da Publicação na Fonte.**  
**Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.**

A994s Azevêdo dos Santos, Francisca Mércia  
Sistema de controle do consumo de água residencial  
utilizando arduino. / Francisca Mércia Azevêdo dos  
Santos. - Natal, 2018.  
49p.

Orientador(a): Profa. Dra. Adriana Takahashi.  
Monografia (Graduação em Ciência da Computação).  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.

1. Android. 2. Arduino. 3. Água. I. Takahashi, Adriana.  
II. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. III.  
Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pela Diretoria de Informatização (DINF), sob orientação dos bibliotecários do SIB-UERN, para ser adaptado às necessidades da comunidade acadêmica UERN.

**FRANCISCA MÉRCIA AZEVÊDO DOS SANTOS**

**SISTEMA DE CONTROLE DO CONSUMO DE ÁGUA RESIDENCIAL UTILIZANDO  
ARDUINO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Departamento de Ciência  
da Computação como requisito para a  
obtenção do título de bacharel em Ciência  
da Computação.

Aprovada em 14 de dezembro de 2018.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Dra. Adriana Takahashi - Orientador  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

---

Dr. Alberto Signoretti  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

---

Me. Bruno Cruz de Oliveira  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

Dedico este trabalho a minha mãe e ao meu esposo, que foram o maior apoio nos momentos de angústia. Também quero homenagear toda a minha família, que me impulsionaram com palavras de apoio para a conclusão deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, que me permitiu alcançar esta conquista.

Este trabalho contou com a colaboração de muitas pessoas, as quais expresso meus sinceros agradecimentos.

À minha família, pelo apoio e compreensão, e em especial ao meu esposo Isac Chamy que me auxiliou muito nos momentos de dedicação e produção e pelo carinho dedicado nestes anos.

A minha orientadora doutora Adriana Takahashi, pela confiança e compreensão ao decorrer deste trabalho.

Ao demais professores e coordenadores do curso ciência da computação, que de uma forma ou de outra contribuíram para o crescimento técnico e pessoal que permitiram a elaboração deste trabalho.

Agradeço de modo especial, a todos que de forma direta ou indireta, contribuíram acreditaram na realização deste trabalho.

## RESUMO

O problema de escassez de água aliado a má utilização da água potável, é um fator preocupante e recorrente na vida humana. Como forma de contribuir para o uso racional deste recurso hídrico e indispensável para a sobrevivência humana, neste trabalho de conclusão de curso (TCC), é apresentado um sistema para controle do consumo de água em residências individualmente, que possui o objetivo de conscientizar o usuário quanto ao uso deste recurso. No projeto desenvolvido, o sistema é composto por um equipamento de baixo custo, onde utilizou-se a plataforma *Arduino* para realizar o monitoramento de um sensor de fluxo de água acoplado na saída de água de um protótipo de reservatório residencial. Através da aplicação controle sua água-CSA instalado em um dispositivo *Android*, o usuário do sistema pode verificar o consumo diário da sua residência, por meio de um gráfico gerado pelo aplicativo, exibido na tela de histórico da aplicação, onde será mostrado a data e o valor em litros do consumo diário armazenado no banco de dados do sistema, além de poder consultar dicas para economia de água utilizadas em tarefas diárias em sua residência. Os testes realizados em um protótipo de reservatório residencial que simula a saída de água do reservatório, mostrou que o sistema de controle do consumo de água de baixo custo é confiável e cumpre o seu propósito de controle de consumo e conscientização do usuário quanto ao uso racional da água.

**Palavras-chave:** 1. Arduino. 2. Água. 3. Android.

## **ABSTRACT**

The problem of water scarcity combined with the misuse of drinking water is a worrying and recurring factor in human life. As a way to contribute to the rational use of this water resource and indispensable for human survival, in this work of conclusion of course (TCC), a system is presented to control the consumption of water in individual residences, with the objective of making the user aware how to use this feature. In the developed project, the system consists of a low cost equipment, where the Arduino platform was used to perform the monitoring of a water flow sensor coupled to the water outlet of a prototype of a residential reservoir. Through the application control your water-CSA installed on an Android device, the system user can check the daily consumption of his residence, through an application generated graph, displayed in the application history screen, where the date and time will be shown. the amount in liters of daily consumption stored in the system database, and you can see tips for saving water used in everyday tasks in your home. The tests carried out on a prototype of a residential reservoir that simulates the outflow of water from the reservoir showed that the low cost water consumption control system is reliable and fulfills its purpose of controlling consumption and raising the user's awareness of rational use from water.

**Keywords:** 1. Arduino. 2. Water. 3. Android.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pinos de Conexões do Módulo de WiFi ESP-01.....	18
Figura 2 - Conversor de Nível Lógico Bidirecional. ....	19
Figura 3 - Datasheet do Sensor de Fluxo de Água .....	21
Figura 4 - Sensor de Fluxo de Água YF-S201.....	22
Figura 5 - Arduino Mega2560.....	24
Figura 6 - Arduino Uno Smd.....	26
Figura 7 - Tabelas do Banco de Dados.....	27
Figura 8 - Ligação Entre os Componentes Utilizados .....	32
Figura 9 - Tela de Inicialização do Aplicativo .....	34
Figura 10 - Tela de Login do Usuário.....	34
Figura 11 - Tela de Cadastro do Usuário. ....	35
Figura 12 - Tela de Menu da Aplicação.....	36
Figura 13 - Tela de Dicas. ....	36
Figura 14 - Tela do Gráfico.....	37
Figura 15 - Caso de Uso do Sistema. ....	38
Figura 16 - Diagrama de Atividades do Sistema. ....	39
Figura 17 - Modelo Entidade Relacionamento. ....	39
Figura 18 - Protótipo do Reservatório com Saída de Água Ativa. ....	40
Figura 19 - Equação de Erro Relativo Percentual. ....	43
Figura 20 - Gráfico dos Resultados Obtidos nos Testes. ....	44
Figura 21 - Disposição dos Componentes dentro do Involucro. ....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custo do Sistema.....	45
----------------------------------	----

## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1.JUSTIFICATIVA .....	13
1.2.OBJETIVOS .....	13
<b>1.2.1.Objetivo Geral</b> .....	<b>13</b>
<b>1.2.2.Objetivos Específicos</b> .....	<b>14</b>
<b>2.METODOLOGIA</b> .....	<b>15</b>
<b>3.REFERENCIAL TEORICO</b> .....	<b>16</b>
3.1.TRABALHOS RELACIONADOS .....	17
3.2.MODULO WI-FI ESP8266 ESP-01 .....	17
3.3.CONVERSOR DE NÍVEL LÓGICO BIDIRECIONAL.....	19
3.4.SENSOR DE FLUXO DE ÁGUA YF-S201 .....	20
3.5.ARDUINO MEGA2560.....	23
3.6.PLATAFORMA ANDROID.....	24
3.7.ARDUINO UNO SMD .....	25
3.8.FERRAMENTA APP INVENTOR .....	26
3.9.BANCO DE DADOS .....	27
<b>4.IMPLEMENTAÇÃO E DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>30</b>
4.1.COMPONENTES UTILIZADOS PARA A MEDIÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA. 30	
4.2.REQUISITOS DA APLICAÇÃO .....	33
<b>4.2.1.Requisitos Funcionais</b> .....	<b>33</b>
<b>4.2.2.Requisitos Não Funcionais</b> .....	<b>33</b>
4.3.APLICATIVO .....	33
<b>4.3.1.Interface da aplicação</b> .....	<b>33</b>
4.4.DIAGRAMAS.....	37
<b>4.4.1.Diagrama de Caso de Uso</b> .....	<b>37</b>
<b>4.4.2.Diagrama de atividade</b> .....	<b>38</b>
<b>4.4.3.Modelo Entidade Relacionamento</b> .....	<b>39</b>

4.5.INSTALAÇÃO E FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DESENVOLVIDO.....	40
4.5.1.Implementação do código fonte do Arduino Mega2560 e do Esp-01 .....	41
4.5.2.Implementação do código fonte do Arduino Uno Smd e do Sensor .....	42
5.RESULTADOS E VALIDAÇÃO .....	43
6.CONCLUSÃO .....	46
7.TRABALHOS FUTUROS.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	48

## 1. INTRODUÇÃO

A água é o bem mais precioso que existe no planeta, pois sua existência é um elemento fundamental para a vida, e tem se tornando cada vez mais escassa devido à fatores globais causados por atitudes humanas, as consequências destes atos têm alterando o ciclo da água, seus volumes e a obtenção deste recurso hídrico. Ela cobre 75% da superfície da terra, na forma de oceanos, rios e lagos. Todas as plantas, animais e os seres humanos precisam da água para sobreviver. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), a quantidade de 110 litros de água por dia é suficiente para atender as necessidades básicas de uma pessoa.

As reservas deste recurso estão diminuindo gradativamente seu volume, pois a população está crescendo e as necessidades pela água aumentando. Este fator está preocupando constantemente as organizações e os governos, assim, voltando suas atenções para criação de soluções para o consumo consciente da água.

No Brasil, muitas cidades estão sofrendo com a escassez e com os racionamentos de água em residências, as principais cidades que mais sofrem sem o abastecimento adequado, são as cidades dos interiores dos estados do país, ou que não possuem um lago ou rio próximo com água potável para consumo. Mas nem todos têm a consciência de que, para que não haja falta de água é necessário cuidar, e para isto, é preciso controlar a utilização da água em nossas residências. Um fator que chama bastante a atenção das pessoas em relação ao consumo de água é a fatura mensal em suas residências, pois, nesta fatura mensal da companhia de abastecimento de água possui um histórico de consumo onde é realizada uma média de consumo por mês com base no consumo dos meses anteriores, o número de dias consumidos e a descrição da quantidade de água utilizada em metros cúbicos ( $M^3$ ) com os respectivos valores para cada metro cubico de água. Com estas informações não é possível saber o quanto se está gastando de água em uma propriedade residencial sem o detalhamento de quanto foi, ou não, consumido durante um determinado período menor que o mês corrente.

Um sistema computacional de controle do consumo de água em residências pode suprir estas necessidades de informações com o detalhamento de litros por dia consumidos na residência. Algumas características são desejáveis para a instalação

desse sistema: dispositivo de baixo custo contendo sensor de fluxo de água (instalado em linha com o cano para medir a quantidade de água que circula por ele), enviando pulsos PWM (*Pulse Width Modulation*) para um *Hardware, Arduino*, fonte de alimentação e transmissor *Wi-Fi*. Coletar dados do consumo utilizando o sensor de fluxo para serem mostrados em um dispositivo com sistema *Android* e suporte à comunicação *Wi-Fi*, estes dados são exibidos através de um gráfico para o usuário. Com o sensor será possível saber a quantidade gasta por um determinado período de tempo definido no sistema. Se o usuário do sistema perceber que está consumindo água acima da média dado pela ONU, o aplicativo disponibilizará dicas de como economizar água em determinadas atividades diárias. Com isso, este projeto auxiliará no monitoramento do consumo de água em residências, bem como reforçará o uso consciente do consumo da água.

### 1.1. JUSTIFICATIVA

A justificativa deste trabalho dar-se por meio de três motivos importantes: i) por se tratar de um tema importante e preocupante para a humanidade; ii) pela necessidade de criação de um sistema de baixo custo e para monitoramento de consumo em residências individualmente; e iii) para a conscientização quanto ao consumo e desperdício da água.

### 1.2. OBJETIVOS

Nesta seção são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos relacionados ao desenvolvimento do trabalho, essenciais para solução do problema anteriormente descrito.

#### 1.2.1. Objetivo Geral

Desenvolvimento de um sistema de *Co-Design* que contabilize o consumo de água por um período pré-definido no sistema e assim permitindo o controle acurado do consumo de água através de um sensor de vazão instalado na saída de

água do reservatório. Além do controle, isso permitirá a conscientização do usuário quanto ao seu consumo de água diário.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Coletar dados do consumo de água a cada minuto, acumulando os resultados coletados para obter dados em um intervalo de tempo de 24 horas na saída de água de reservatório ou em um determinado ponto da residência definido pelo usuário.
- Enviar os dados de consumo armazenados pelo sistema, através de um módulo *Wi-Fi*, para o aplicativo *Android* em um dispositivo com suporte a comunicação *Wi-Fi*.
- Analisar e tratar os dados do consumo de água, enviado pelo sensor de fluxo de água e exibi-los em um gráfico a ser visualizado no aplicativo *mobile*.
- Permitir que o usuário verifique o histórico de medição do consumo do ponto de captação onde o sistema está acoplado em sua residência.

## 2. METODOLOGIA

A classificação da pesquisa realizada neste trabalho, que visa conscientizar o usuário quanto ao desperdício de água, é do tipo bibliográfica, com uma abordagem quantitativa devido ao objetivo de contabilizar o consumo diário de água. Em relação aos objetivos a pesquisa é descritiva.

A pesquisa foi elaborada por meio de um levantamento bibliográfico sobre a rede de distribuição de água, do funcionamento do sensor de vazão, e dos demais *Hardwares* utilizados neste trabalho. Além da pesquisa sobre a plataforma *Arduino* e seus componentes necessários. Como base de pesquisa foram utilizados livros, sites, monográficas e artigos relacionados ao tema proposto.

Após a fase de pesquisas, foram adquiridos os *Hardwares*, o sensor de fluxo de água e o protótipo do reservatório residencial. Conforme serão descritos no capítulo 3. Em seguida, foram implementados os códigos necessários para o funcionamento do protótipo do sistema, esta implementação foi realizada utilizando o *MySQL* e *PHP* para a criação dos códigos, seguindo as especificações do projeto proposto.

Em seguida, foi desenvolvido um aplicativo utilizando a ferramenta *APP Inventor*, para a visualização do histórico do consumo e também possibilitando ao usuário o acesso a algumas dicas de economia de água em sua residência de forma intuitiva e de fácil utilização. O aplicativo foi desenvolvido para dispositivos que possuam a plataforma Android.

Após a montagem do protótipo do reservatório necessário para o funcionamento do sistema, foi possível realizar o registro das simulações do consumo de água, através do sensor instalado na tubulação da saída de água do protótipo do reservatório e após o sensor, foi acoplada uma mangueira, por onde acontece a liberação da água do reservatório. O sensor contabiliza os pulsos gerados e envia os dados ao sistema desenvolvido para tratamento e armazenamento no banco de dados. Estes dados armazenados são apresentados no gráfico gerado pelo aplicativo *mobile*, assim que requisitado pelo usuário do dispositivo.



### 3. REFERENCIAL TEORICO

Nesta seção são apresentados conceitos necessários para um melhor entendimento e análise do funcionamento de um sistema de medição de vazão de água, bem como as características das tecnologias voltadas para a medição do consumo de água. Conceitos esses que serão apresentados ao decorrer dessa seção.

A água é um dos elementos mais importantes para a sobrevivência de vida, tanto dos seres humanos, vegetal ou animal na terra.

A superfície da Terra é dominada, em 75%, pelas águas. Os 25% restantes são terras emersas, ou seja, acima da água. Tamanha abundância de água cria condições essenciais para a vida e mantém o equilíbrio da natureza (WWF-Brasil,2006, p.08).

Quem pensa que toda água está disponível para o consumo humano está enganado, pois somente 2,7% é de água doce e grande parte está congelada ou embaixo da superfície do solo (WWF-Brasil, 2006, p.08).

A água de fácil acesso, dos rios, lagos e represas, representa muito pouco do total de água doce disponível. Mas água doce também não significa água potável. Para isso, a água precisa ser de boa qualidade, estar livre de contaminações e de quaisquer substâncias tóxicas. Acredita-se que menos de 1% de toda a água doce do planeta está em condições potáveis (WWF-Brasil, 2006, p.09).

Segundo a ONU, a metade dos 12.500 km<sup>3</sup> de água doce disponíveis no planeta já está sendo utilizada e, nos próximos 20 anos, é esperado que a média mundial de água disponível, por habitante, diminua em um terço. Isso significa que, duas em cada três pessoas estão vivendo uma situação crítica de escassez de água. Neste trabalho buscaremos conscientizar o usuário a economizar esse recurso. Para o desenvolvimento da ferramenta proposta, faz-se necessário detalhar alguns conceitos para melhor entendimento.

### 3.1. TRABALHOS RELACIONADOS

No mercado atual possuem alguns aplicativos com o objetivo de conscientizar e economizar a nossa água. Como por exemplo o aplicativo DA SUA CONTA é um app que visa controlar o consumo de água, utilizando um hidrômetro digital ele gera gráficos onde é possível visualizar a quantidade que poderia ter sido economizada e compará-la com a média recomendada pela ONU. Porém este aplicativo só está disponível para dispositivos com plataforma *IOS*.

O aplicativo PEGADA HYDROS é um app que também visa a economia de água. Porém ele é baseado em um questionário para obter uma estimativa do consumo de água. O aplicativo disponibiliza dicas e curiosidades para economizar água. Este aplicativo está disponível para as plataformas *Android* e *IOS*.

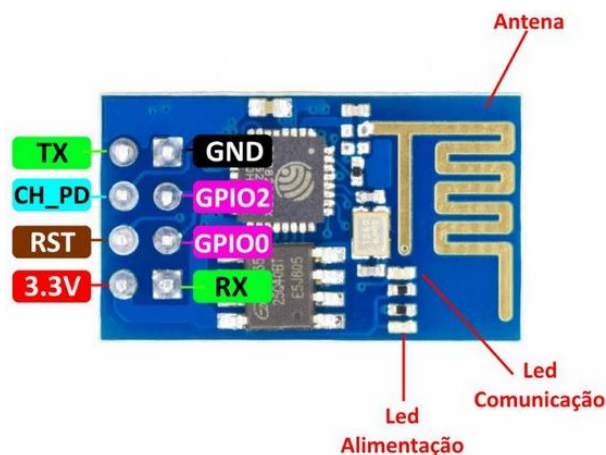
O aplicativo CONTROLE SUA ÁGUA aqui proposto é um app que visa a conscientização e a economia do consumo de água. Este aplicativo foi desenvolvido para complementar o sistema de controle de consumo, onde o sistema consiste na instalação de um sensor de fluxo de água na saída de água do reservatório da residência ou em uma tubulação específica determinada pelo usuário do sistema. Este sensor medirá a quantidade de água utilizada do reservatório e o enviará ao banco para armazenamento e posteriormente visualizado no aplicativo pelo usuário, desta forma o mesmo terá acesso ao seu consumo diariamente, facilitando a análise sobre a quantidade gasta em sua residência e quanto a companhia de abastecimento de água da sua residência descreveu em sua fatura mensal. Possibilitando-o verificar se está pagando de acordo com a quantidade de água utilizada em sua residência ou se houve um excesso de cobrança mensal por parte da companhia de abastecimento contratada.

### 3.2. MÓDULO WI-FI ESP8266 ESP-01

O módulo *ESP-01* é um sistema em *chip* (*system-on-chip*) e possui um *Wi-Fi* embutido. O módulo *ESP-01* utiliza uma tensão de nível de sinal de 3,3V e não podendo o pino *RX* ser ligado diretamente ao *Arduino*, pois o *Arduino* utiliza uma tensão de nível de sinal de 5V, para que o módulo funcionasse corretamente e sem danos, foi utilizado um conversor de nível lógico bidirecional para conversão da

tensão de 5V do *Arduino Mega* para 3,3V do *ESP-01*. Esta comunicação é feita via *serial* utilizando os pinos *RX* e *TX*, onde está configurado por meio dos comandos AT (Comandos de Configuração). O *ESP-01* conecta o *Arduino Mega* a uma rede de *Wi-Fi* padrão 802.11b/g/n, podendo trabalhar como um Ponto de Acesso (*Access Point*) ou como uma Estação (*Station*), enviando e recebendo dados (NatalMakers). A Figura 1 mostra os pinos utilizados para a comunicação com o *Arduino Mega2560*.

Figura 1 - Pinos de Conexões do Módulo de WiFi ESP-01.



Fonte: NatalMakers.

#### Especificações:

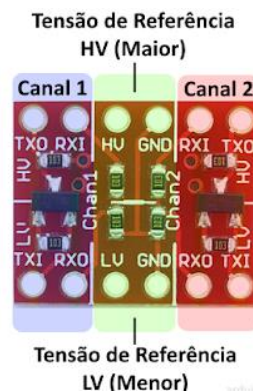
- Chip: ESP8266.
- Modelo: ESP-01.
- Tensão de operação: 3,3V.
- Suporte à rede: 802.11 b/g/n.
- Alcance: 90m aproximadamente.
- Comunicação: Serial (TX/RX).
- Suporta comunicação TCP e UDP
- Conectores: GPIO, I2C, SPI, UART, Entrada ADC, Saída PWM e Sensor de Temperatura interno.
- Modo de segurança: OPEN/WEP/WPA\_PSK/WPA2\_PSK/WPA\_WPA2\_PSK.
- Dimensões: 25 x 14 x 1mm.

### 3.3. CONVERSOR DE NÍVEL LÓGICO BIDIRECIONAL

O conversor de nível lógico bidirecional é um dispositivo utilizado para nivelar sinais com diferentes níveis de tensão com segurança. Muitas vezes ligar um módulo que trabalha com nível de sinal de 3.3V ao *Arduino* (cujo nível de sinal é de 5V, na maioria das placas) pode ser um exercício complicado, e nem sempre montar um divisor de tensão com resistores consegue trazer os resultados esperados, seja em interfaces *I2C* ou *SPI*. Isso sem contar a perda de espaço ao montar um circuito desse tipo (Arduinoecia.com.br, 2015).

Essa placa tem internamente dois circuitos: um divisor de tensão comum, que vai diminuir a tensão de 5V para 3,3V, e um circuito baseado em *MOSFET*, que vai fazer a conversão em ambos os sentidos (menor para o maior e maior para o menor) (Arduinoecia.com.br, 2015).

Figura 2 - Conversor de Nível Lógico Bidirecional.



Fonte: Arduino e Cia.

Em cada canal temos 2 entradas e 2 saídas como mostra a figura 2, que funcionam da seguinte maneira:

- RXI e RXO (RX *Input* e RX *Output*) - Pinos do divisor de tensão. Esses pinos convertem o sinal de 5V para 3,3V, e NÃO funcionam no sentido inverso.
- TXI e TXO (TX *Input* e TX *Output*) - Pinos do circuito *MOSFET*. Esses pinos convertem o sinal de 5V para 3,3V e de 3,3V para 5V, se necessário.

Os pinos *GND* e 3,3v são de alimentação elétrica do hardware e são conectados aos pinos *GND* e 3,3v do *Arduino Mega*. Os pinos *TX* e *RX* são

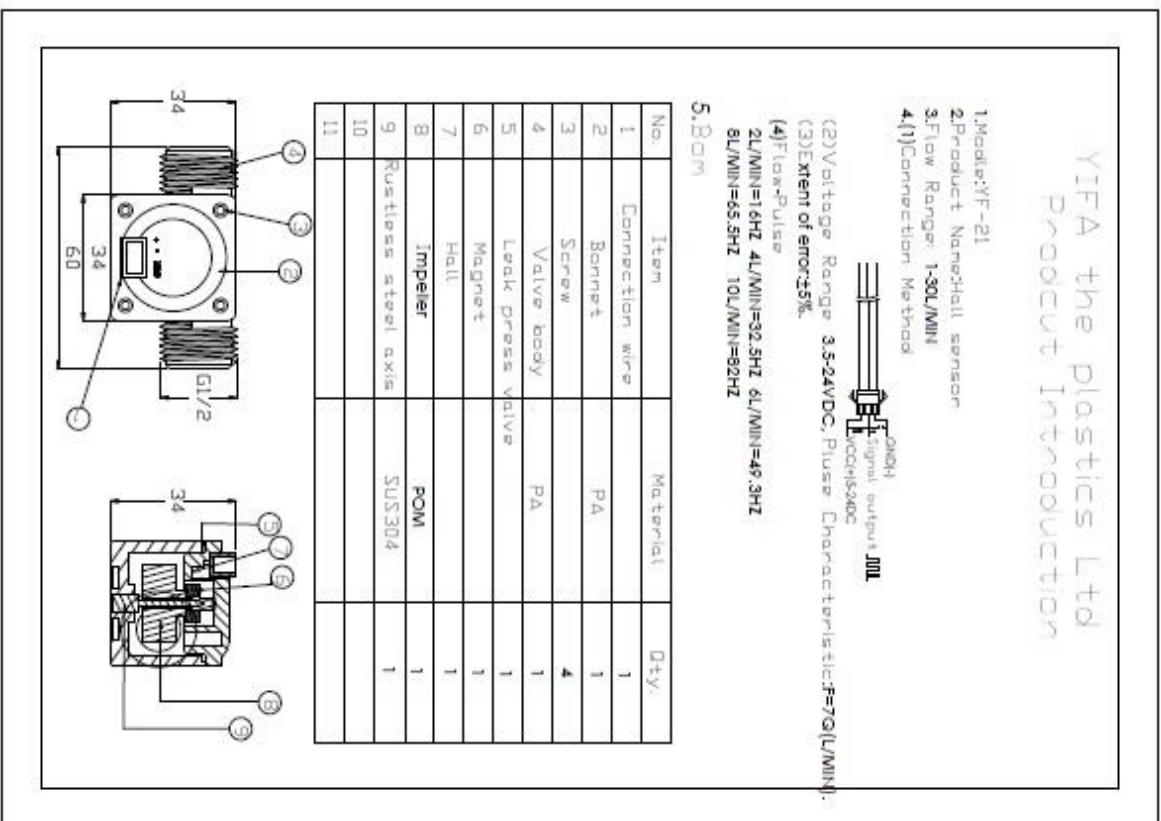
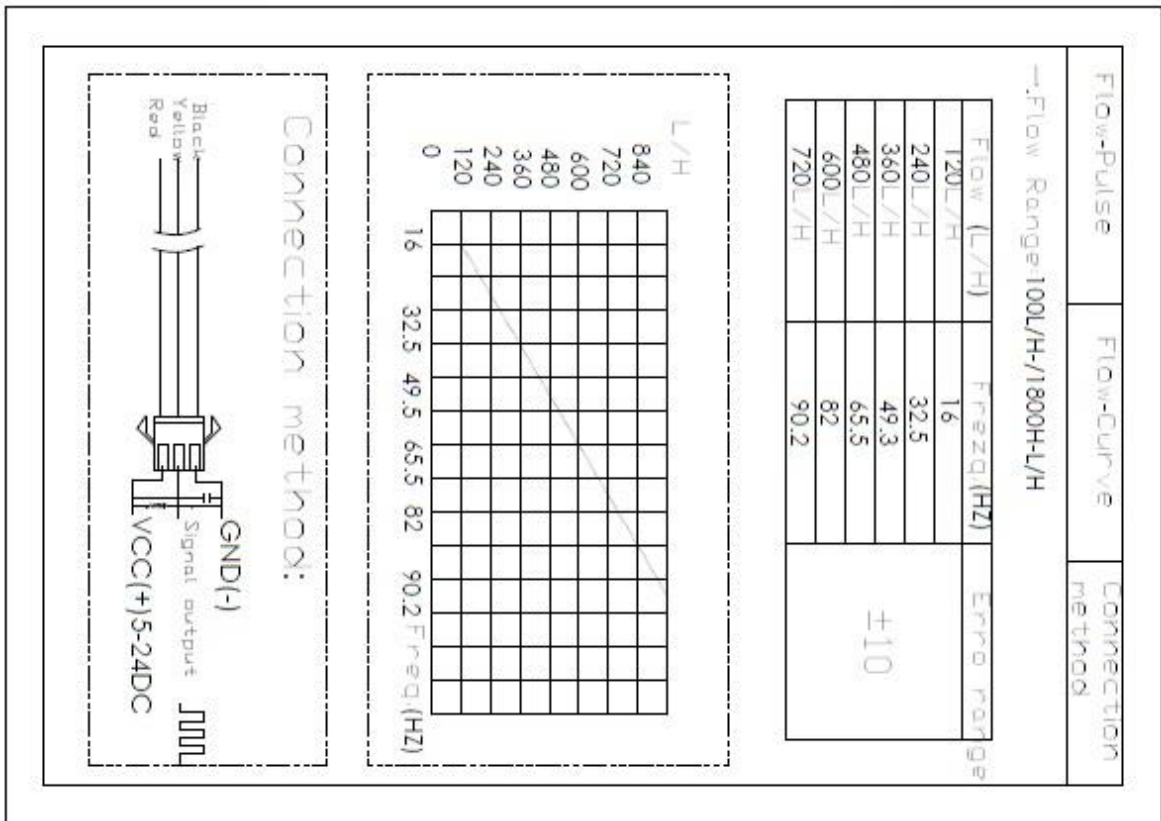
responsáveis pela comunicação dos dados entre o *Arduino Mega* e o *ESP8266 ESP-01*. O *RX* do *ESP-01* recebe bits através da conexão ao *TX* do *Arduino Mega* e o *TX* do *ESP-01* envia bits pela conexão ao *RX* do *Arduino Mega*.

#### 3.4. SENSOR DE FLUXO DE ÁGUA YF-S201

O Sensor de fluxo de água é constituído por um corpo de plástico, um rotor, e um sensor de efeito *Hall*. Este efeito é utilizado no medidor de fluxo usando um pequeno rotor em forma de ventoinha/hélice que é colocado no caminho do líquido que irá fluir.

O líquido empurra as hélices do rotor, fazendo com que ele gire. O eixo do rotor está conectado a um sensor *Hall Effect*, assim um pulso é gerado quando este rotor girar. Neste sensor para cada litro de líquido por minuto, gera uma média de 4,5 pulsos. Para medir o número de pulsos é utilizado um *Arduino* e calculado a taxa de fluxo em litros por hora. Conforme descrito o capítulo 5.

Figura 3 - Datasheet do Sensor de Fluxo de Água



A conexão deste sensor com o *Arduino Uno Smd* é bem simples. Existem três fios para a conexão. O fio vermelho (*VCC*) 5V que é ligado ao pino de 5V do *Arduino Uno Smd*, o fio preto (*GND*) está ligado ao seu pino correspondente do *Arduino Uno Smd* e o amarelo que a saída sinal (pulso) está ligado ao pino 2 do *Arduino Uno Smd* para o envio dos dados figura 4.

Figura 4 - Sensor de Fluxo de Água YF-S201



Fonte: HobbyTronics.

#### Especificações:

- Modelo: YF-S201
- Tipo do sensor: Efeito Hall
- Tensão de operação: 5-24V
- Corrente máxima: 15mA (5V)
- Faixa de fluxo: 1-30L/min
- Pressão máxima: 2,0 Mpa
- Pulsos por litro: 450 pulsos
- Frequência (Hz) =  $7,5 \cdot \text{Fluxo(L/min)}$
- Temperatura de trabalho: -25 a 80°C
- Exatidão:  $\pm 10\%$
- Dimensão conexão:  $\frac{1}{2}$

### 3.5. ARDUINO MEGA2560

O *Arduino* nasceu no *Ivrea Interaction Design Institute* como uma ferramenta fácil para prototipagem rápida, voltada para estudantes sem formação em eletrônica e programação.

Arduino é uma plataforma de eletrônica de código aberto baseada em *hardware* e *software* fáceis de usar. As placas Arduino são capazes de ler entradas de luz em um sensor, um dedo em um botão ou uma mensagem no *Twitter* e transformá-lo em uma saída para ativar um motor, ligar um *LED*, publicar algo *on-line* (Arduino.cc, 2017).

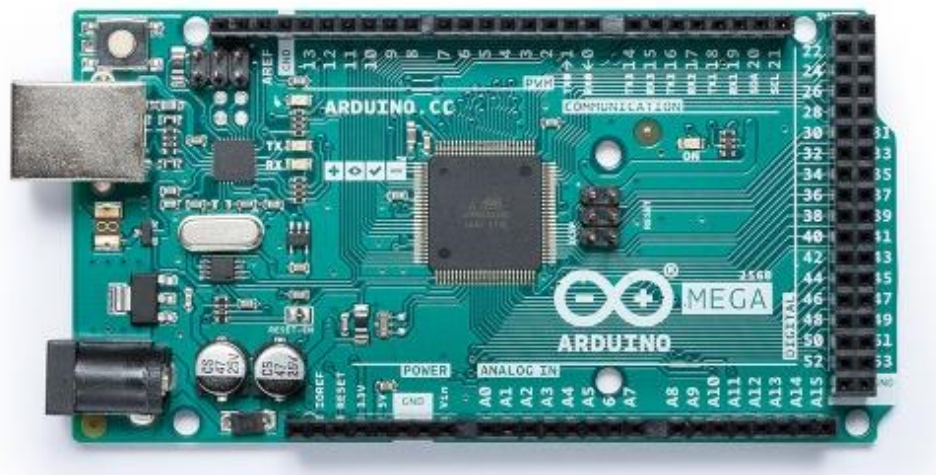
Os apaixonados por tecnologia certamente já pensaram em prover soluções eletrônicas que resolvessem problemas do dia a dia. Com o *Arduino*, uma placa na criada na Itália utilizada como plataforma de prototipagem eletrônica. Projeto italiano iniciado em 2005 tinha primeiramente cunho educacional e interagia com aplicações escolares. O sucesso nessa fase foi tão grande que mais de 50 mil placas *open source* foram vendidas e rendeu um documentário de 2010 sobre a trajetória de desenvolvimento da plaquinha. As unidades são constituídas por controladora *Atmel AVR* de 8 bits, pinos digitais e analógicos de entrada e saída, entrada USB o que permite conexão com computadores ou via portas *serial* e possui código aberto. A placa *Arduino* não possui recursos de rede, mas pode ser combinada com outros *Arduino* criando extensões chamadas de *shields*. “*Shields* são às placas de expansão de *hardware* que encaixam na placa *Arduino* principal. Através dos *shields*, uma placa *Arduino* pode ser melhorada ainda mais (Karla Soares, 2013).”

A fonte de alimentação recebe energia externa por uma tensão de, no mínimo, 7 *volts* e máximo de 35 *volts* com corrente mínima de 300mA. A placa e demais circuitos funcionam com tensões entre 5 e 3,3 *volts*. Embutido no *Arduino* há ainda um *firmware* que combina memória *ROM* para leitura e um programa gravado neste tipo de memória carregado na memória da placa controladora (Karla Soares, 2013).



Em termos de *software*, o *Arduino* pode ter funcionalidades desenvolvidas por meio da linguagem C/C++, que utiliza uma interface gráfica escrita em *Java*. As funções *IDE* do *Arduino* permitem o desenvolvimento de *software* que possa ser executado pelo dispositivo. É aí que entram ideias como a automação de casas, acender luzes por meio da controladora ou projetos mais ousados como o *Biometric Security Toy Box*, projeto do *designer* inglês Grant Gibson, que une a biometria, mais especificamente a ideia do novo sensor de identidade digital da *Apple*, o *Touch ID* do *iPhone 5S*, ao *Arduino* (Karla Soares, 2013).

Figura 5 - Arduino Mega2560.



Fonte: Arduino.cc

A placa de *Arduino* escolhida para este sistema foi à *Mega2560* figura 5 por já possuir. O *Arduino mega2560* é uma placa microcontrolador baseada no *ATmega2560*. Este *Arduino* está ligado à placa *Arduino Uno Smd* para receber os dados coletados do sensor de fluxo e enviados pelo *Arduino Uno Smd* ao *Arduino Mega*.

### 3.6. PLATAFORMA ANDROID

O *Android* é uma plataforma para tecnologia móvel completa, envolvendo um pacote com programas para celulares, já com um sistema operacional, *middleware*, aplicativos e interface do usuário. Esta plataforma foi desenvolvida com base no *Linux*. Foi construído com a intenção de permitir aos desenvolvedores criar

aplicações moveis que possam tirar total proveito do que um aparelho portátil possa oferecer.

Por ser *open source*, pode ser sempre adaptado a fim de incorporar novas tecnologias, conforme estas forem surgindo. A plataforma vai estar sempre em evolução, já que as comunidades de desenvolvedores estarão trabalhando em conjunto para construir aplicações moveis inovadoras.

O *Android* é o primeiro projeto de uma plataforma *open source* para dispositivos moveis em conjunto com a *Open Handset Alliance* (OHA). O *Android SDK* é o kit de desenvolvimento que disponibiliza as ferramentas e *APIs* necessárias para desenvolver aplicações para plataforma *Android*, utilizando a linguagem *Java*.

A *OHA* é um grupo formado por gigantes do mercado de telefonia de celulares liderados pelo *Google*. Entre alguns integrantes do grupo estão nomes consagrados como a *HTC*, *LG*, *Motorola*, *Samsung*, *Asus*, *Intel* entre outros.

Os usuários de celulares são extremamente favorecidos com tudo isso. Hoje em dia, todos querem um celular com um bom visual, de fácil usabilidade, com tela *Touch Screen*, câmera, musicas, jogos, *GPS*, acesso à internet e muito mais, e o celular está cada vez mais ocupando um espaço importante na vida das pessoas. O *Android* foi criado justamente pensando em agradar esses usuários, possibilitando que encontrem todos os recursos esperados em apenas um aparelho. O mundo da tecnologia está sempre em evolução, e a *OHA* foi criada justamente para manter uma plataforma-padrão onde todas as novas tendências do mercado estejam englobadas em uma única solução (Ricardo R. Lecheta, 2010).

### 3.7. ARDUINO UNO SMD

Este *Arduino* é uma versão da placa *Arduino Uno*, pois possui as características de *Software* e *Hardware* do mesmo. O que difere um do outro é que o *Arduino Uno Smd* utiliza uma versão de montagem de superfície do *Atmega328P* em vez da versão de passagem. O *Arduino Uno Smd* figura 6 está ligado ao sensor de fluxo de água para receber os dados do mesmo para tratamento e envio ao *Arduino Mega*, pois os mesmos também estão conectados. Esta conexão é necessária para envio e recebimento dos dados, como também para a alimentação elétrica de todos os *hardwares* utilizados no projeto. A alimentação é feita por uma fonte externa que

está conectada à rede elétrica da residência. Foram utilizados dois *Arduino*, pois o sensor de fluxo funciona com interrupções, enviando os dados rapidamente a cada leitura do consumo e o módulo de *Wi-Fi* possui o seu funcionamento lento, e para que os dados sejam enviados corretamente para o banco de dados, foi utilizado um *Arduino Uno Smd* para receber os dados do sensor de fluxo e enviá-los ao *Arduino Mega* para que o mesmo possa enviar os dados ao banco via módulo *Wi-Fi* para o armazenamento dos dados.

Figura 6 - Arduino Uno Smd.



Fonte: NatalMakers

### 3.8. FERRAMENTA APP INVENTOR

O *MIT App Inventor* é um ambiente intuitivo de programação visual que permite a todos criar aplicativos totalmente funcionais para *smartphone* e *tablets*. O projeto *App Inventor* busca democratizar o desenvolvimento de *software*, capacitando todas as pessoas, especialmente as jovens, para passar do consumo de tecnologia para a criação de tecnologia.

O ambiente de programação do *App Inventor* é intuitivo, pois sua codificação é baseada em blocos, com comandos de programação. Esta ferramenta possibilita ao usuário a facilidade de criar um aplicativo apenas arrastando alguns botões e funções nele disponíveis. Sendo assim possível criar aplicativos funcionais e interativos para celulares que possuem plataforma *Android*.

Neste ambiente de programação foi desenvolvido o aplicativo para a plataforma *Android*. Onde a sua interface foi desenvolvida com base no estudo

descrito anteriormente. Para que o usuário possa acompanhar seu consumo, o mesmo é apresentado por meio de um gráfico que está disponível em um dispositivo mobile.

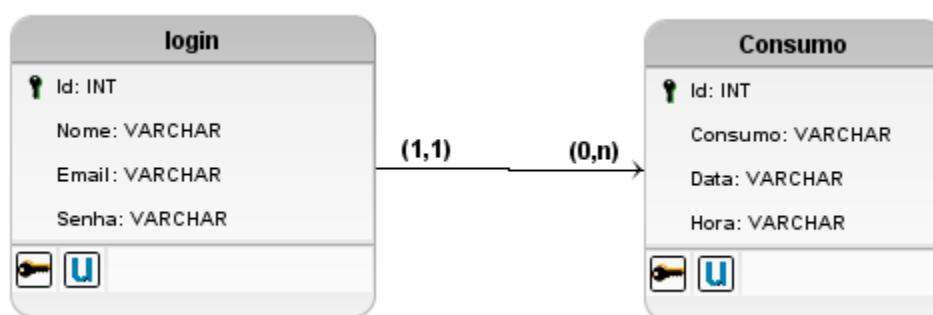
### 3.9. BANCO DE DADOS

O banco de dados foi criado utilizando o *MySQL* por ser um banco *open source* e de fácil utilização e intuitivo. Ele utiliza a linguagem *SQL* e é caracterizado por sua rapidez e eficiência. E o *PHP (Hypertext Preprocessor)* é uma linguagem de script utilizada junto ao *HTML*. Foi feita a função destas duas tecnologias para possibilitar a realização de funcionalidades requisitadas pelo *software* desenvolvido.

O banco possui duas tabelas, a tabela consumo para armazenamento e consulta do consumo registrado no banco, e a tabela login que foi criada para armazenar os dados cadastrais do usuário ao banco figura 7. Cada usuário registrado recebe um número de identificação único, para que ele acesse o consumo correspondente ao seu cadastro.

Dentro do *Hostinger* foram implementados arquivos com códigos escritos utilizando a linguagem *PHP* para a comunicação e armazenamento entre o banco, os *hardwares* utilizados e o aplicativo. Os Arquivos são:

Figura 7 - Tabelas do Banco de Dados.



Fonte: Autoria Própria

- Arquivo Conexão, onde foi criado a conexão com o banco de dados utilizando o *MySQLi*. Na sua implementação foi definido o *host* a ser utilizado, o usuário e a senha para acesso ao banco, e o mais importante

qual o banco a ser utilizado para armazenar os dados recebidos do sistema desenvolvido, já que no mesmo *host* é possível ter vários bancos de dados registrados, por isso há a necessidade de identificá-lo ao *host*. Este código é responsável por verificar e validar a sua conexão ao banco.

- Arquivo Gráfico, é chamada a conexão com o banco de dados para acesso ao mesmo. Na implementação foram criados *GETs* para receber dados à um intervalo de datas para a sua exibição no histórico do aplicativo. Este arquivo possui em sua codificação uma parte em *HTML* onde faz uma ligação ao *Google Chart* para gerar o gráfico para o aplicativo. Esta ferramenta possui o acesso a tabela de consumo do banco de dados para coletar os dados armazenados, data e o consumo em litros. O *Google Chart* realiza a soma dos valores do dia especificado (data) e exibe o resultado total no gráfico gerado, exibindo a data do consumo e o valor do consumo total em litros do dia.
- Arquivo InserirConsumo, é chamada a conexão com o banco de dados para acesso ao mesmo. Foi codificado para que o banco de dados adquirisse a data e hora automaticamente do servidor *PHP*, sendo predefinido o fuso horário. A tabela de consumo armazena os valores do consumo, data e a hora do consumo recebido, e verifica se foi registrado corretamente no banco de dados.
- Arquivo Logar é chamada a conexão com o banco de dados para acesso ao mesmo. A sua implementação é específica para verificar se os dados inseridos no *login* do aplicativo corresponde ao registrado no banco, se é válido libera o acesso ao menu da aplicação ao usuário, caso as informações não estejam armazenadas no banco de dados, exibe uma mensagem de erro definida na codificação do aplicativo.
- Arquivo registrar, é chamada a conexão com o banco de dados para acesso ao mesmo. Na sua implementação foram criadas variáveis para armazenamento das informações do usuário recebidas pelo aplicativo. O arquivo acessa a tabela de login para registrar as informações que serão inseridas na tela de cadastro do usuário, e mesmo verifica se algum campo de cadastro foi deixado vazio e notifica ao usuário que é necessário completá-la para conclusão do seu cadastro, assim validando

seus dados e obtendo acesso ao seu aplicativo e a suas funcionalidades descritas.

Todos os arquivos implementados possuem conexão com banco para acesso as informações armazenadas, assim possibilitando a conexão entre o banco de dados e o aplicativo, como também a conexão do banco de dados com o equipamento desenvolvido para recebimento dos dados coletados pelo sensor.

## 4. IMPLEMENTAÇÃO E DESENVOLVIMENTO

Nesta seção são apresentados a implementação e desenvolvimento de software e hardware do sistema de controle do consumo de água individual em residências.

### 4.1. COMPONENTES UTILIZADOS PARA A MEDIÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA.

Para gerenciar os componentes foram utilizados dois *Arduino*, por se tratar de uma plataforma de automação *open source*. A placa *Arduino* é composta por um controlador e entradas/saídas digitais e analógicas. As versões dos *Arduino* que foram utilizados, foi o *Arduino Mega2560* e o *Arduino Uno Smd*. Foi necessária a utilização de dois *Arduino* porque o sensor de fluxo de água funciona com interrupções (pulsos do sensor) e o módulo *Wi-Fi* possui o funcionamento lento, pois necessita conectar-se à rede pré-programada, e ao banco para envio dos dados coletados. Foi utilizado um *Arduino* para receber os dados do sensor de fluxo e outro para receber estes dados, trata-los e envia-los ao banco de dados via *Wi-Fi*.

Para a coleta dos dados sobre a quantidade de água que saiu do reservatório foi utilizado um sensor de fluxo de água *YF-S201*, onde o mesmo possui um rotor e um sensor de efeito *hall* magnético integrado, que produz um pulso elétrico a cada rotação das hélices. O sensor é selado do tubo de água e que permite o sensor permanecer seco e seguro. A sua programação realizada por meio do código fonte do fabricante.

Também foram utilizados um modulo *Wi-Fi Esp-01* para comunicação e envio de dados ao banco de dados, uma fonte de alimentação elétrica de 5v e um conversor de nível lógico, pois, os componentes descritos utilizam voltagens de funcionamentos diferentes, por isso a necessidade de se utilizar um conversor para converter e enviar a voltagem de alimentação correta para cada componente utilizado no sistema.

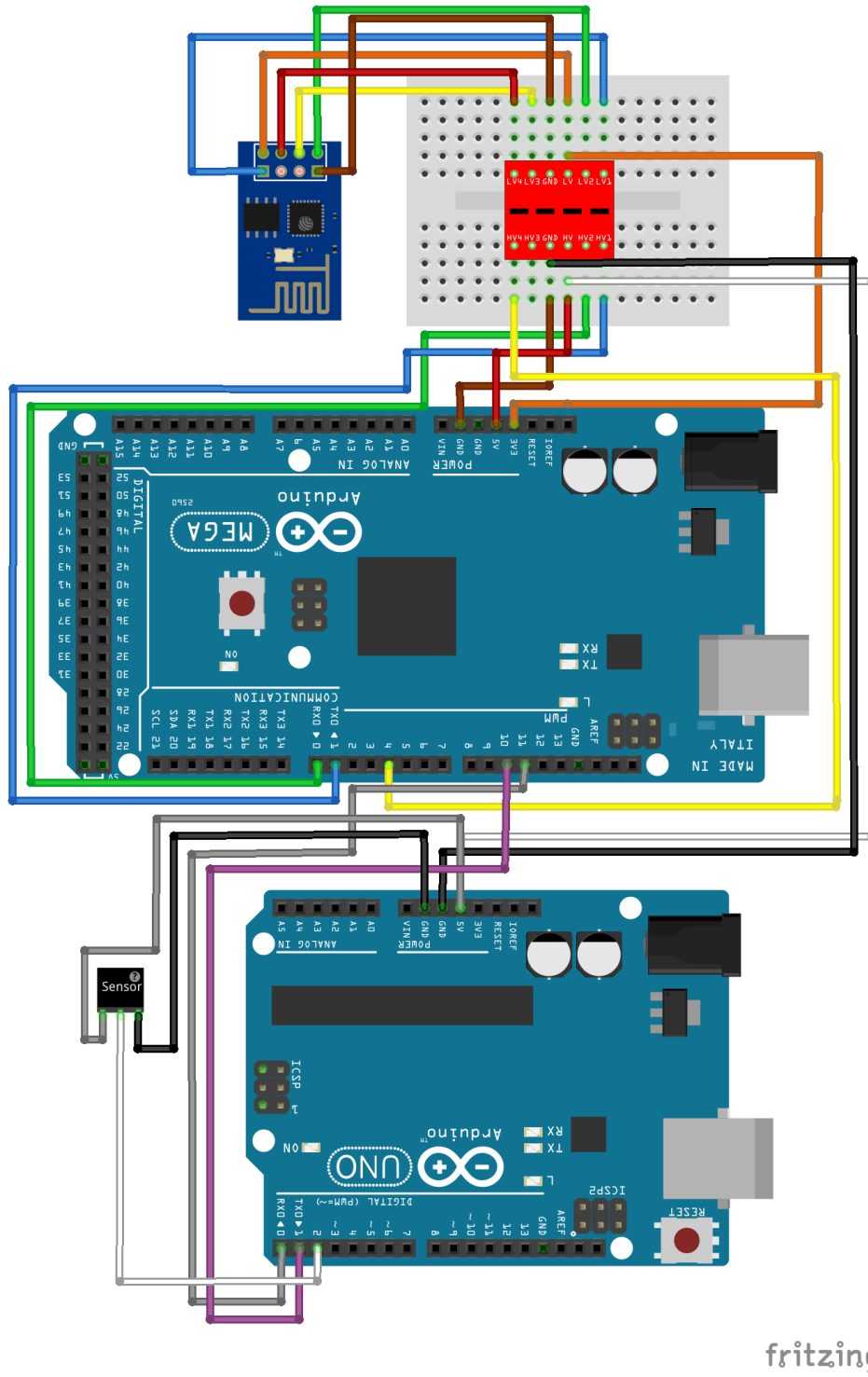
Além disso foi desenvolvido um aplicativo *mobile* utilizando a ferramenta de programação visual *MIT App Inventor*, desenvolvido para a plataforma *Android*, onde será descrito no decorrer desta seção. O aplicativo foi criado para possibilitar ao

usuário consultar o seu consumo no período definido pelo mesmo, por meio de um gráfico do tipo *pizza* gerado pelo aplicativo utilizando o *Google Chart* para gerar os dados apresentados, a data e o consumo em litros, armazenados no banco de dados do sistema.

Portanto, o sistema de controle do consumo de água residencial foi composto por dois *Arduino* microcontroladores, o *mega2560* e o *Uno Smd*, um sensor de fluxo de água, módulo *Wi-Fi Esp-01*, um conversor de nível lógico bidirecional e uma fonte de alimentação elétrica de 5 *volts*. A figura 8 mostra a ligação entre os componentes utilizados para coletar e enviar os dados do consumo de água.



Figura 8 - Ligação entre os Componentes Utilizados



Fonte: Autoria própria.

## 4.2. REQUISITOS DA APLICAÇÃO

O sistema desenvolvido tem como propósito prover funcionalidades, para isso, é de imensa importância conhecer que funcionalidades são interessantes para os usuários a quem são destinadas tais tarefas, bem como, permissões deste no sistema.

### 4.2.1. REQUISITOS FUNCIONAIS

RF:1 - O usuário deve logar no sistema com os dados já cadastrados.

RF:2 - O usuário pode fazer seu cadastro no sistema.

RF:3 - O usuário pode visualizar seu histórico de acordo com o tipo de busca por período desejado.

RF:4 - O usuário pode ver dicas de economia de água.

### 4.2.2. REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS

RNF:1 – Plataforma *Arduino* e *Android*.

RNF:2 – O Sistema deve garantir a integridade dos dados do usuário.

RNF:3 – O sistema deve coletar dados em tempo real e salvar no cartão SD.

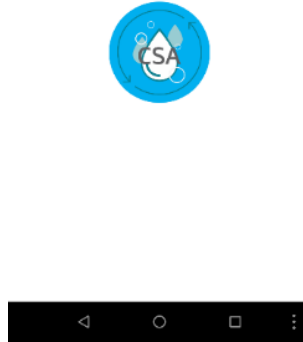
## 4.3. APLICATIVO

Nesta seção é apresentado a interface do aplicativo desenvolvido como descrito na seção anterior.

### 4.3.1. Interface da aplicação

O aplicativo foi desenvolvido para ser de fácil utilização, para que o usuário não tenha dúvidas de como acessar as funções do mesmo. Logo que aberto o aplicativo exibe o logo do sistema figura 9.

Figura 9 - Tela de Inicialização do Aplicativo



Fonte: Autoria Própria

A Figura 10 apresenta a tela de *login*. Acima temos o logotipo, e logo abaixo os campos para o preenchimento dos dados do usuário para ter acesso ao menu. E abaixo dos campos, o botão de entrar no sistema e temos o botão para criar uma nova conta, caso o usuário ainda não a possua.

Figura 10 - Tela de Login do Usuário.



Fonte: Autoria Própria

A Figura 11 apresenta a tela de cadastro. Acima temos o logotipo, e logo abaixo os campos para o preenchimento dos dados do usuário para efetuação do seu cadastro, e abaixo dos campos com a opção de registrar os dados ou cancelar seu cadastro.

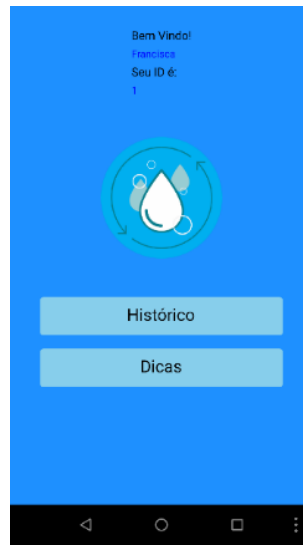
Figura 11 - Tela de Cadastro do Usuário.

A imagem mostra a tela de cadastro de um usuário em um aplicativo. O fundo é azul. No topo, há um logotipo circular com uma gota de água e setas. Abaixo do logotipo, o texto "Insira Seus Dados" está centralizado. Seguem quatro campos de entrada de texto: "Nome", "Email", "Senha" e "Confirmar Senha". Na base dos campos, há dois botões: "REGISTRAR" e "CANCELAR". Na parte inferior da tela, há uma barra de navegação com ícones de seta para trás, círculo, quadrado e três pontos.

Fonte: Autoria Própria

A Figura 12 apresenta a tela de menu. No topo encontra-se a saudação de boas-vindas e o nome do usuário definido no cadastro e o ID da sua conta, logo abaixo o logotipo, e mais abaixo encontra-se o primeiro botão que o do histórico, onde o usuário tem acesso ao seu consumo exibido no gráfico, e logo após o botão de dicas, onde o usuário pode ver dicas de economia em tarefas diárias.

Figura 12 - Tela de Menu da Aplicação.



Fonte: Autoria Própria

A Figura 13 apresenta a tela de dicas, onde o usuário pode escolher em qual tarefa ele deseja ver a dica para economizar em sua residencial, podendo também visualizar todas as dicas, sendo uma dica por vez.

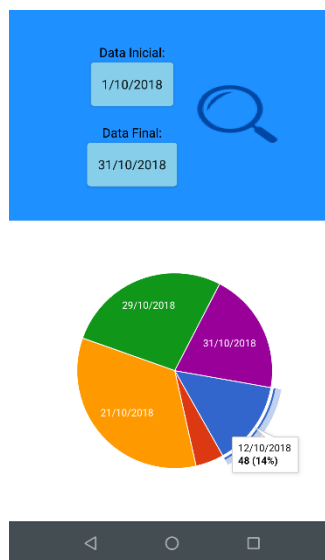
Figura 13 - Tela de dicas.



Fonte: Autoria Própria

A Figura 14 apresenta a tela de histórico, onde é definido a data desejada a ser exibida no gráfico, logo abaixo da data. Então é exibido em um gráfico do tipo *pizza* os dados do consumo diário do mês desejado.

Figura 14 - Tela do Gráfico.



Fonte: Aatoria Própria

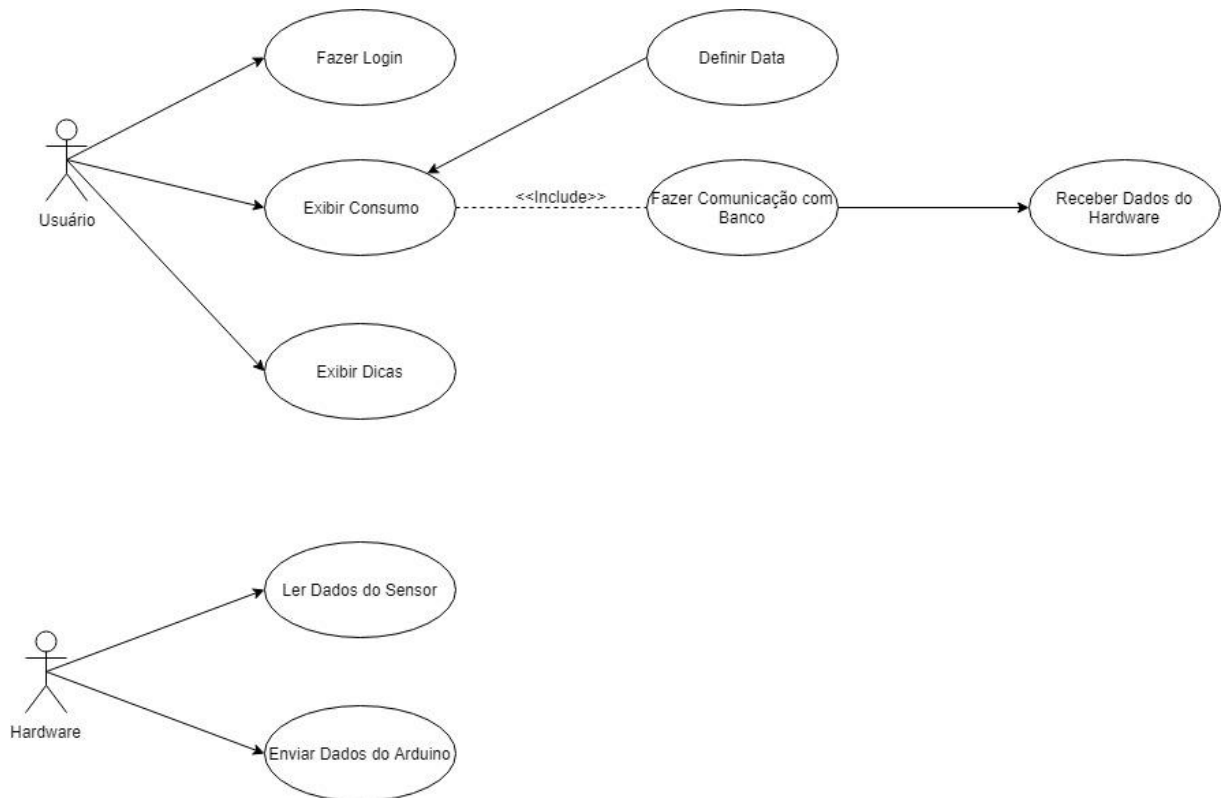
#### 4.4. DIAGRAMAS

Nesta seção está descrito e mostrado os diagramas utilizados para o desenvolvimento do *software* utilizado com a integração com o *hardware* o equipamento desenvolvido.

##### 4.4.1. Diagrama de Caso de Uso

O caso de uso figura 15 mostra a interação do sistema. O diagrama foi dividido em duas partes, a primeira demonstra a interação do usuário com as funções do sistema, e a segunda demonstra a interação do *Hardware* com os pedidos do sistema.

Figura 15 - Caso de Uso do Sistema.

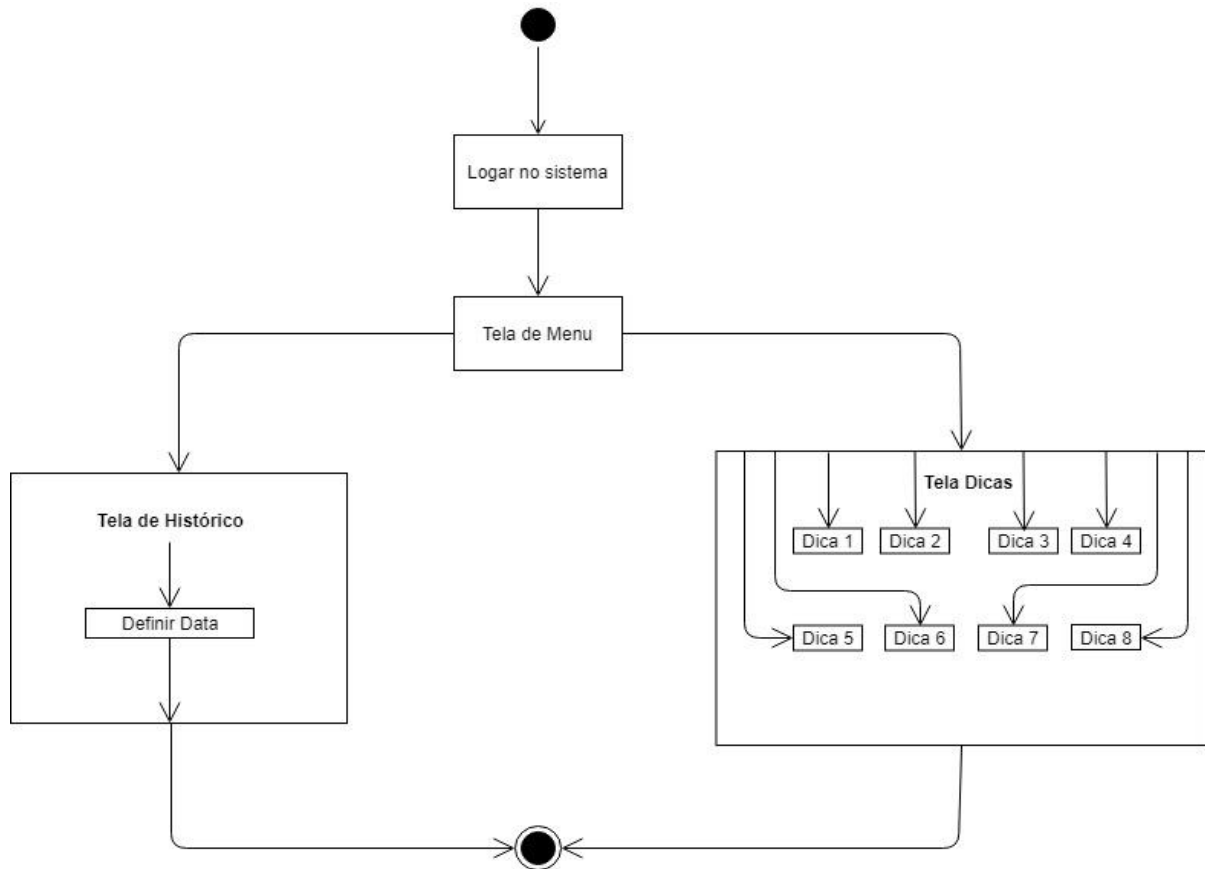


Fonte: Autoria Própria

#### 4.4.2. Diagrama de atividade

O diagrama de atividade figura 16 mostra a sequência e os caminhos que o usuário pode seguir a partir da sua definição. Este diagrama descreve a sequência seguida a partir do *login*, acessando o menu e a escolha entre o histórico e as dicas do aplicativo.

Figura 16 - Diagrama de Atividades do Sistema.

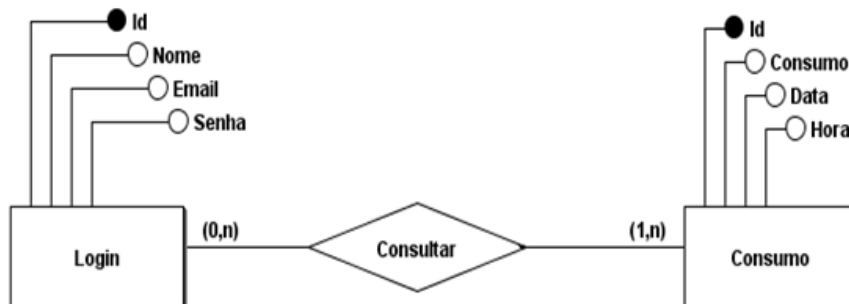


Fonte: Autoria Própria

#### 4.4.3. Modelo Entidade Relacionamento

O Modelo ER mostra as entidades necessárias do sistema, os relacionamentos entre elas e os atributos que cada entidade possui.

Figura 17 - Modelo Entidade Relacionamento.



Fonte: Autoria Própria



#### 4.5. INSTALAÇÃO E FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DESENVOLVIDO

A ferramenta do controle de consumo de água desenvolvida foi instalada em um protótipo de reservatório residencial figura 18. Este reservatório possui uma capacidade máxima de 30 litros. No mesmo foi acoplado uma tubulação para a saída de água do reservatório, onde também foi acoplado o sensor de fluxo, logo abaixo da saída de água do reservatório e antes da mangueira com esguicho para a liberação da saída de água da tubulação.

Figura 18 - Protótipo do Reservatório com Saída de Água Ativa.



Fonte: Autoria Própria

O *Arduino Uno Smd* foi programado para executar em intervalos de um minuto os seguintes comandados: receber os pulsos do sensor, converter em uma média por minuto e enviar ao *Arduino Mega* os dados resultantes. O *Uno Smd* é responsável por alimentar eletricamente todos os componentes de *hardwares* utilizados no sistema. Esta alimentação dar-se por meio de uma fonte externa de 5 volts conectada a uma tomada elétrica da residência.

O *Arduino Mega* foi programado para receber os dados enviados pelo *Uno Smd*, e para conectar-se à rede *Wi-Fi* definida em sua programação, após conectado à rede o *Arduino* executa o comando para verificar se os dados recebidos são válidos, em caso positivo, os envia ao banco de dados para armazenamento e consultas posteriores. O *Backend Web* do sistema utiliza o *Hostinger* para hospedagem do banco de dados que foi implementado no *MySQL*.

Os dados recebidos do *Arduino Mega* são armazenados no banco de dados para que, por meio do aplicativo instalado em seu dispositivo móvel, o usuário, possa ter acesso ao seu histórico do período definido pelo o mesmo conforme descrito na seção 4.3.

#### **4.5.1. Implementação do código fonte do Arduino Mega2560 e do Esp-01**

Na implementação do código fonte do *Arduino Mega* foi utilizada a biblioteca *Software Serial* para a comunicação *serial* em outros pinos digitais do *Arduino*, a biblioteca replica a funcionalidades dos pinos *RX0* e *TX1* para os pinos digitais 10 e 11 correspondendo ao *RX0* e *TX1* do próprio *Arduino Mega*. Estes pinos foram criados para o recebimento dos dados enviados pelo *Arduino Uno Smd*.

Na função de *setup* o módulo de *Wi-Fi Esp-01* é reiniciado pelo seu pino de *reset* e o pino digital 4 do *Arduino*, que está configurado para realizar o *reset* do módulo *Wi-Fi* e em seguida o módulo é reiniciado novamente por meio dos comandos AT (comandos de configuração) do *Esp-01*. Em seguida o módulo *Wi-Fi* é configurado para conectar-se à rede e senha definidos. O código é gravado em memória flash que não é apagada com o desligamento do mesmo. Ela é alterada apenas quando o *Arduino* for reprogramado.

A função *loop* verifica se a porta *serial* do *Arduino* está recebendo algum *byte* (dados) do sensor, caso esteja recebendo, armazene na variável definida, esta variável soma todos os dados recebidos, e em seguida envia os dados ao banco de dados para armazenamento. Ao final do loop a variável é zerada para a próxima iteração.

Na sequência do *loop* foi criada uma *String* com uma requisição seguindo o protocolo *HTTP* para ser enviada ao servidor. Essa requisição envia ao servidor os

dados a serem salvos no banco de dados. Através dos comandos AT do módulo *Wi-Fi*, cria-se uma conexão *TCP* com o servidor para o envio da requisição. A requisição é um *GET* em um *Script PHP* que salva os dados em um banco de dados, descrito anteriormente e verifica se está funcionando corretamente o armazenamento.

A função *RecebeResposta* foi implementada para aguarda a resposta do módulo *Esp-01* até que a operação definida tenha sido realizada por completo.

#### **4.5.2. Implementação do código fonte do Arduino Uno Smd e do Sensor**

Na implementação do *Arduino Uno Smd* foram criadas variáveis para armazenamento dos dados enviados pelo sensor ao *Uno*. A função *setup* inicia a comunicação *serial* e configura o pino 2 para trabalhar com as interrupções do sensor.

A função *loop* inicializa o contador de pulsos e habilita as interrupções do sensor, depois de um segundo desabilita as interrupções, para o envio dos dados ao *Arduino Mega* via comunicação *serial* utilizando os pinos *RX* e *TX*. A quantidade de pulsos contabilizadas pelo sensor é dividida por 450 (quantidade de pulsos definido pelo fabricante do sensor), o resultado obtido é dividido novamente pela frequência do sensor de 7,5 e o resultado final é a quantidade de litros coletados pelo sensor a cada minuto.

Na função *loop* foi criada uma condição para aguardar um minuto e em seguida fazer a média dos valores armazenados em uma variável. Esta média foi feita dividindo o valor total armazenado na variável por 60, que corresponde há um minuto, logo esta média é realizada a cada minuto da leitura do sensor.

## 5. RESULTADOS E VALIDAÇÃO

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos de maneira experimental. Foram realizadas medições por um período aleatório e com quantidades diferentes de água no protótipo do reservatório.

Os testes foram realizados seguindo os seguintes passos:

1. O sensor é conectado ao equipamento desenvolvido para o envio dos dados coletados ao banco e encaixado na saída de água do protótipo do reservatório, antes da mangueira com um esguicho para a liberação da água.
2. Acionava o esguicho e a água era despejada dentro de um balde com medições com intervalos de 1 litro e um volume máximo de 10 litros.
3. Após um intervalo de tempo de 1 minuto, o esguicho era fechado.
4. Registra-se o volume de água contido no balde.
5. Após esses passos o balde era esvaziado e o processo é retornado a partir do passo número 2.

Estes testes foram realizados repetidamente com vários volumes. Com os resultados obtidos pode-se concluir que o sensor de fluxo de água cumpre o objetivo do sistema proposto, de controlar o consumo de água de uma residência diariamente por meio do protótipo de um sistema de baixo custo.

Analisando os dados armazenados, notou-se que os valores registrados pelo sensor, não correspondiam ao volume de água colocada no protótipo do reservatório, então foi buscado uma equação para calcular a porcentagem de erro do sensor. Para obter esta porcentagem de erro foi utilizada equação de erro relativo percentual figura abaixo.

Com base nos resultados obtidos foi calculado uma taxa de erro do sensor,

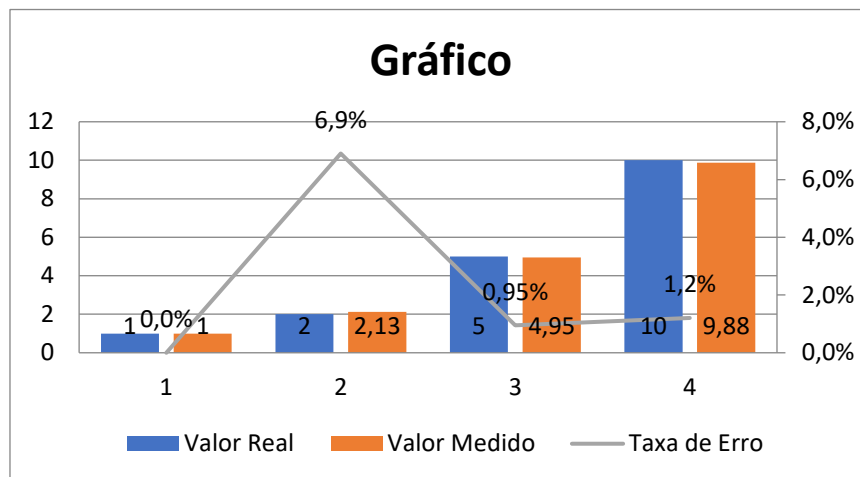
Figura 19 - Equação de Erro Relativo Percentual.

$$Erro = \frac{|ValorAproximado - Valor Exato|}{Valor Exato} \times 100$$

Fonte: Tamires Almeida

nas simulações com 1, 2, 5 e 10 litros, obtendo a taxa máxima de 6,9% e a taxa mínima de 0,83% de erro nas medições do consumo de água do protótipo, ou seja, da quantidade de líquido fluindo no sensor, como mostrar a figura 20. Esta taxa pode variar de acordo com a pressão da água e do local onde foi instalado o sistema. Segundo o *Datasheet* do sensor, a taxa de erro pode ser de até  $\pm 10\%$ .

Figura 20 - Gráfico dos Resultados Obtidos nos Testes.

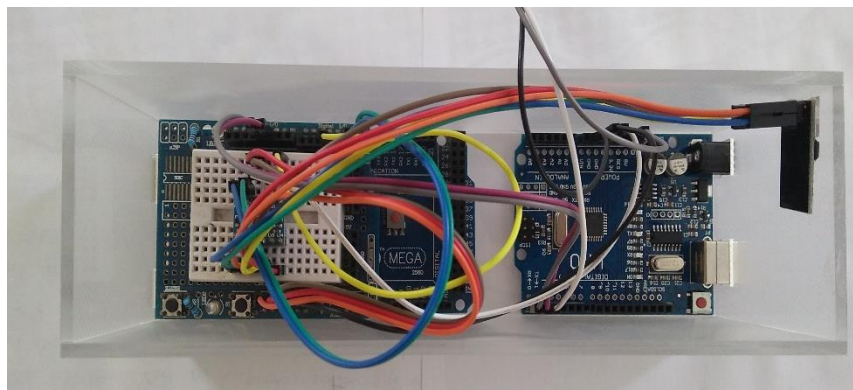


Fonte: Autoria Própria

Foi desenvolvido um invólucro em acrílico para proteção dos componentes de *hardware* utilizados, evitando o contato do equipamento com a água da tubulação ou respingos como mostra a Figura 21.

O invólucro foi pensado para ser instalado externamente da tubulação de água, pois sua instalação é feita em um lugar que possui tomada para alimentação elétrica do equipamento.

Figura 21 - Disposição dos Componentes dentro do Invólucro.



Fonte: Autoria Própria

Os custos para realizar a implementação do projeto proposto podem ser analisados na tabela abaixo, a tabela 1 mostra os valores individuais de cada componente do sistema:

Tabela 1- Custo do Sistema

Quantidade	Produto	Valor
1	Sensor de Fluxo de Água YF-S201	25,00
1	Arduino Mega2560	69,90
1	Arduino Uno Smd	41,90
1	Módulo <i>Wi-Fi</i> Esp8266 Esp-01	9,90
1	Conversor de Nível Lógico Bidirecional	12,90
1	ProtoShield	12,50
22	Jumpers	8,80
	<b>Total</b>	180,90

O objetivo de criar um dispositivo de baixo custo foi atingido, pois foram gastos menos de R\$ 200,00 (duzentos reais) conforme a Tabela 1, no desenvolvimento do sistema.

## 6. CONCLUSÃO

Apesar de todas as dificuldades encontradas durante o desenvolvimento deste sistema, podemos concluir que os objetivos deste projeto foram atingidos de forma satisfatória e que o protótipo utilizado provou ser viável pelo ponto de vista econômico, no que diz respeito a sua usabilidade e ao seu propósito inicial, que é o controle e a conscientização do consumo racional da água.

O sistema proporciona ao usuário ações de combate ao desperdício de água, pois o uso da interface do aplicativo diminui o tempo de disponibilização da informação, permitindo uma análise crítica dos dados recebidos. Sendo assim conclui-se que o protótipo de controle do consumo de água residencial via sistema de informações remoto é uma excelente ferramenta para a economia deste bem.

## 7. TRABALHOS FUTUROS

Como forma de aprofundar este trabalho e de uma forma geral para difundir a área de microcontroladores e sistemas de controle são apresentados alguns tópicos para trabalhos futuros.

- Redução no custo do sistema, pois os equipamentos utilizados foram os com maior benefício, por já os possuir.
- No aplicativo desenvolvido o usuário pode consultar o seu consumo diário, o objetivo é que futuramente o aplicativo possa gerar alertas do consumo excessivo, com base numa quantidade definida pela ONU.
- Atualmente o sistema possui apenas um sensor para as medições do consumo, uma possibilidade para melhor controle será adicionar outros sensores em tubulações diferentes da residência, tanto para mais controle do consumo, como para identificar possíveis vazamentos futuros, tornando o sistema ainda mais eficaz.
- O projeto desenvolvido visa a economia do uso da água, mas não é só nos recursos hídricos que há a necessidade de economia, outros recursos também necessitam, como por exemplo a energia. O objetivo de um trabalho futuro para ampliar a economia destes recursos é incluir um gerador hidroelétrico para gerar eletricidade para o equipamento de controle de consumo que seja autossuficiente.
- Para melhor entendimento e discriminação do consumo de água no aplicativo, será implementado a visualização do consumo em tempo real, ou seja, caso o usuário deseje, o aplicativo exibirá na tela de histórico a opção de visualização em tempo real da leitura em litros/minuto do sensor no exato momento da visualização do aplicativo.
- Segurança no tráfego de dados.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARDUINO AG. **Arduino Mega 2560 & Genuino Mega 2560**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

ARDUINO AG. **Interrupções externas**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/external-interrupts/attachinterrupt/>>. Acesso em 20 mai. 2018.

ANA. **Relatório da ANA apresenta situação das águas do Brasil no contexto de crise hídrica**. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/noticias/relatorio-da-ana-apresenta-situacao-das-aguas-do-brasil-no-contexto-de-crise-hidrica>>. Acesso em 20 nov. 2018.

BERTOLETI, Pedro. **Monitoramento de água com IoT**. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/monitoramento-de-agua-com-iot-parte-2/>>. Acesso em 10 out. 2018.

CURVELLO, André. **Apresentando o módulo ESP8266**. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/modulo-esp8266/>>. Acesso em 03 out. 2018.

Cortez, Lígia. **Contas da Caern informam sobre qualidade e valores**. Disponível em: <<http://caern.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=88069&ACT=null&PAGE=null&PARM=null&LBL=NOT%C3%8DCIA&fbclid=IwAR0zuDsUtY4h21Oua800qUBByCCb6W2BH8qxAH48zheviWr76GXy-zc1VdmE>>. Acesso em 25 nov. 2018.

GOOGLE CHART. **Gráfico pizza**. Disponível em: <<https://developers.google.com/chart/interactive/docs/gallery/piechart#donut>>. Acesso em 28 mai. 2018.

HOBBY TRONICS. **YF-S201 Medidor de fluxo de água de efeito hall/sensor**. Disponível em: <<http://www.hobbytronics.co.uk/yf-s201-water-flow-meter>>. Acesso em 10 out. 2018.

LECHETA, Ricardo R. **Google Android**. 2ª ed. Novatec, 2010.

Lima, B. C.; Yamaguchi, J. K.; Kussaba, L. L.; Ferreira, A. T. **Sistema de Medição Individualizada de Água: Estudo de Caso de Edifício Comercial em São Paulo**. São Paulo, 2016.

NATALMAKERS. **Utilizando o conversor de Nível Lógico**. Disponível em: <<http://natalmakers.blogspot.com/2017/05/utilizando-o-conversor-de-nivel-logico.html>>. Acesso em 03 out. 2018.

NATALMAKERS. **Arduino uno smd.** Disponível em: <<https://natalmakers.lojaintegrada.com.br/arduino-uno-smd-sem-cabo-usb>>. Acesso em 03 nov. 2018.

ONU BR. **A ONU e a Água.** Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/agua/>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

**O Que é Arduino.** Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 04 abri. 2017.

ONU BR. **Mundo não pode ver água como garantia, afirma chefe da ONU ao lançar década global de ação.** Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/mundo-nao-pode-ver-agua-como-garantida-afirma-chefe-da-onu-ao-lancar-decada-global-de-acao/>>. Acesso em 19 ago. 2018.

PEREIRA, Lucio Camilo Oliva. **Android para Desenvolvedores.** 1ª ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.

PAYÃO, Felipe. **Os 5 sistemas operacionais mobile mais vendidos de 2016.** Publicado em ago. 2016. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/mercado/108748-5-sistemas-operacionais-mobile-vendidos-2016.htm>>. Acesso em: 05 abri. 2017.

RORIZ, Jonne. **Relatório da ONU alerta para possível crise mundial de água.** Publicado em 03/2015; atualizado em maio/2016. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/ciencia/relatorio-da-onu-alerta-para-possivel-crise-mundial-de-agua/>>. Acesso em: 24 fev. 2017.

ROCHA, C. B. Aplicativo. In: FERREIRA, H. S.; HEROSO, L. F.; ZALESKI, R. H. **Sistema de Monitoramento de Consumo de Água Doméstico com a Utilização de um Hidrômetro Digital.** Curitiba, 2014. P 26-28.

SOUZA, Fabio. **Arduino - Comunicação Serial.** Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/arduino-comunicacao-serial>>. Acesso em 10 out. 2018.

THOMSEN, Adilson. **Tutorial Módulo Wireless ESP8266 com Arduino.** Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/esp8266-arduino-tutorial/>>. Acesso em 03 out. 2018.

USINAINFO. **Sensor de Fluxo de Água para Arduino 1-30 l/min.** Disponível em: <<https://blog.usinainfo.com.br/sensor-de-fluxo-de-agua-para-arduino-1-30-lmin/>>. Acesso em 11 out. 2018.

WWF-BRASIL. **Caderno de Educação Ambiental Água para Vida, Água para todos.** Brasília: WWF-Brasil, 2006.