**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA**

**CENTRO DE TECNOLOGIA**

**CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

**SISTEMA DE MEDIÇÃO E MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA DURANTE O BANHO COMO FORMA DE CONSCIENTIZAÇÃO**

**RELATÓRIO DA DISCIPLINA DE MICROCONTROLADORES PARA AUTOMAÇÃO**

**Prof. Robinson Figueiredo de Camargo**

**Bruno Gabriel Flores Sampaio**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2020**

RESUMO

Com as crescentes notícias acerca do uso de forma inadequada da água, uma das preocupações de toda comunidade científica e industrial mais conscientes, está sobre como reduzir o consumo de água através da conscientização das pessoas e criação de aparelhos que consigam economizar os recursos hídricos. Como forma de conscientização a Organização das Nações Unidas (ONU) criou no dia 22 de março de 1992, o Dia Mundial da Água, divulgando a Declaração Universal dos Direitos da Água, entretanto, pouca coisa mudou de lá para cá, pois, as pessoas não tem consciência de quantos litros de água elas gastam por dia e de que forma elas gastam esses recursos.

Como forma de conscientização, nesse projeto será proposto a criação de um dispositivo que mede o volume de água gasto durante um banho e, que assim, a pessoa que esteja fazendo o uso do chuveiro, possa acompanhar esse consumo durante o processo. Acredita-se que com a visualização do volume total de água gasto durante um banho, o usuário tome consciência de quantos litros de água ele está desperdiçando, muitas vezes com coisas desnecessárias, e assim, o seu tempo de banho seja reduzido, economizando água consequentemente.

Sabe-se da importância da conscientização a respeito do uso da água e é necessário ter-se os órgãos de apoio ao nosso lado, para que se consiga usar a água plenamente e assim deixar-se um legado positivo para as futuras gerações. Com cada um fazendo a sua parte e economizando, na medida do possível, conseguiremos manter um mundo mais saudável e sem o medo de como será no futuro, tudo graças a tecnologia. A água é um bem de todos e deve ser respeitada.

**SUMÁRIO**

[1. INTRODUÇÃO 7](#_Toc46411235)

[2. OBJETIVO GERAL 8](#_Toc46411236)

[3. OBJETIVO ESPECÍFICO 8](#_Toc46411237)

[4. ESPECIFICAÇÕES 9](#_Toc46411238)

[4.1 Sensor de fluxo 9](#_Toc46411239)

[4.2 Microcontroladores Arduino 10](#_Toc46411240)

[4.3 Módulo Transmissor e Receptor RF 433MHz FS1000A / MX-RM-5V 11](#_Toc46411241)

[4.4 Display LCD 16x2 12](#_Toc46411242)

[4.5 Alimentação 13](#_Toc46411243)

[5. DESENVOLVIMENTO 14](#_Toc46411244)

[5.1 HARDWARE 15](#_Toc46411245)

[5.1.1 Transmissor 15](#_Toc46411246)

[5.1.2 Receptor 19](#_Toc46411247)

[5.1.3 Estimativa de manutenção 22](#_Toc46411248)

[5.1.4 Conclusão de Hardware 23](#_Toc46411249)

[5.2 SOFTWARE 24](#_Toc46411250)

[5.2.1 Fluxograma do dispositivo Transmissor 25](#_Toc46411251)

[5.2.2 Fluxograma do dispositivo Receptor 26](#_Toc46411252)

[5.2.3 Comentário acerca do software 27](#_Toc46411253)

[5.3 Protótipo e projeto final 27](#_Toc46411254)

[CONCLUSÃO 28](#_Toc46411255)

[BIBLIOGRAFIAS 31](#_Toc46411256)

[6. APêNDICE 33](#_Toc46411257)

[6.1 Código do dispositivo Transmissor 33](#_Toc46411258)

[6.2 Código do dispositivo Receptor 35](#_Toc46411259)

[6.3 Modelagem 3D da carcaça do dispositivo Receptor 38](#_Toc46411260)

**LISTA DE FIGURAS**

[Figura 1: Sensor de fluxo YF-S201 10](#_Toc46411284)

[Figura 2: Arduino UNO a Direita e Arduino Nano a Esquerda 11](#_Toc46411285)

[Figura 3: Módulo receptor RF a esquerda e módulo transmissor RF a direita 12](#_Toc46411286)

[Figura 4: Display LCD 16x2 13](#_Toc46411287)

[Figura 5: Arduino NANO e pinagens (Retirado de www.filipeflop.com) 16](#_Toc46411288)

[Figura 6: Transmissor FS1000A visto de cima 17](#_Toc46411289)

[Figura 7: Sensor de fluxo YF-S201 18](#_Toc46411290)

[Figura 8: Fonte de alimentação 9V do transmissor 19](#_Toc46411291)

[Figura 9: Módulo receptor MX\_RM\_05 20](#_Toc46411292)

[Figura 10: Cores RGB (Red, Green, Blue) 21](#_Toc46411293)

[Figura 11: Anodo Comum e Catodo Comum 22](#_Toc46411294)

[Figura 12: Modelagem 3D da carcaça do dispositivo Receptor 27](#_Toc46411295)

[Figura 13: Protótipo dispositivo Transmissor 30](#_Toc46411296)

[Figura 14: Protótipo dispositivo Receptor 30](#_Toc46411297)

[Figura 15: Código Dispositivo Transmissor – Cabeçalho 33](#_Toc46411298)

[Figura 16: Código Dispositivo Transmissor - Função *setup* 33](#_Toc46411299)

[Figura 17: Código Dispositivo Transmissor - Função *Loop* 34](#_Toc46411300)

[Figura 18: Código Dispositivo Transmissor - Função Controle para resetar 34](#_Toc46411301)

[Figura 19: Código Dispositivo Receptor – Cabeçalho 35](#_Toc46411302)

[Figura 20: Código Dispositivo Receptor - Função *setup* 36](#_Toc46411303)

[Figura 21: Código receptor - função *loop* 37](#_Toc46411304)

[Figura 22: Mensagem do display 38](#_Toc46411305)

[Figura 23: Modelagem - vista ortogonal e frontal 38](file:///C:\Users\Bruno\Desktop\Microcontroladores.docx#_Toc46411306)

[Figura 24: Modelagem - vista ortogonal esquerda e direita 39](file:///C:\Users\Bruno\Desktop\Microcontroladores.docx#_Toc46411307)

**LISTA DE TABELAS**

[Tabela 1: Tabela de componentes do transmissor 16](#_Toc46411308)

[Tabela 2: Tabela de componentes do receptor 19](#_Toc46411309)

[Tabela 3: Pinos do LCD 21](#_Toc46411310)

[Tabela 4: Tabela de alcance do transmissor/receptor em 1Hz 23](#_Toc46411311)

[Tabela 5: Gastos anuais e economia de luz com o dispositivo operando – Parte 1 29](#_Toc46411312)

[Tabela 6: Gastos anuais e economia de luz com o dispositivo operando - Parte 2 29](#_Toc46411313)

**LISTA DE EQUAÇÕES**

[Equação 1: Taxa de fluxo YF-S201 9](#_Toc42629691)

[Equação 2: Dimensionamento de antenas de RF 17](#_Toc42629692)

# INTRODUÇÃO

Pesquisas acerca do uso indiscriminado da água no planeta Terra vem sendo feitas a muito tempo, e as estimativas são sempre preocupantes, a água está acabando. Segundo Claudio Angelo, no seu livro “O Aquecimento Global” (ANGELO, s.d), em até 2025, cerca de 2,7 bilhões de pessoas no mundo podem sofrer com a falta de água potável de alguma forma, principalmente nas regiões em que a escassez de água já é um problema hoje. O Brasil ainda não sente esse efeito em grande parte do país, principalmente por possuir grandes reservas de água distribuídas por grandes extensões do seu território, no entanto, isso nos traz grandes responsabilidades acerca do seu uso.

Um levantamento feito a respeito do consumo urbano de água no Brasil, relacionou aspectos demográficos e o consumo residencial e um dos aspectos descobertos foi que, apesar da diminuição do crescimento no número de pessoas, houve um crescente aumento no volume de água gasto pelas residências (CARMO, 2014). Um dos fatores para o aumento do volume de água gasto pelas famílias, certamente se dá ao fato de muitas tecnologias terem sido desenvolvidas para aumentar o bem-estar das pessoas. Com o comodismo criado por essas novas tecnologias, o desperdício dos recursos hídricos aumentaram como consequência da facilidade de se usar tais dispositivos, pois agora temos o prazer de conseguir tomar banhos mais quentes nos dias mais frios, regar os quintais quase que diariamente e manter as calçadas e carro sempre limpos, tudo a custo de “um pouquinho” mais de água.

Pensando no âmbito de conscientização, é difícil se ter consciência de um problema, quando não sabemos o impacto das nossas ações para o agravamento dos mesmos. Muitas vezes em atividades que julgamos inocentes, estamos causando um desperdício que poderia ser contornado se tivéssemos noção dos nossos gastos e desperdícios. Tarefas de higienização pessoal ou de bens, como limpeza carros e casa, são essenciais e não podemos deixar de usufruir dos comodismos que temos, no entanto, precisamos sim saber dos nossos gastos e de como isso afeta nossa vida e a vida de todos no planeta Terra, direta e indiretamente.

Portanto o primeiro passo para isso, é criar um sistema de medição de vazão em sistemas hídricos que sejam de fácil implementação e que permitam a visualização em tempo real do consumo individual para os dispositivos de consumo hídricos já existentes. Dentro do ambiente residencial podem-se fazer a identificação de vários pontos onde esses dispositivos poderiam ser instalados, como por exemplo, em tubulações de mangueiras de jardim, caixa d’água, torneiras e tanques, chuveiros e máquinas de lavar, salvando dezenas de litros de águas por dia.

# OBJETIVO GERAL

Como forma de tentar conscientizar a população, uma das formas se dá com a visualização dos gastos que esse volume de recursos hídricos traz, gerando uma economia espontânea. A fim de sanar isso, será criado um dispositivo capaz de fazer a visualização desses gastos, propondo a criação de um dispositivo que consiga fazer a leitura do volume de água gasto durante um banho, mostrando-o durante o processo, a fim de que assim, a pessoa que esteja usando-o, consiga ver em tempo real, quantos litros de água ela está gastando enquanto ensaboa o corpo ou lava os cabelos com o chuveiro ligado, por exemplo.

Buscando um meio de conseguir fazer essa medição, nada mais prático do que fazer o uso de um microcontrolador comercial de código aberto, que possa ser replicado com certa facilidade e fazendo o uso de sensores, sendo possível prever com considerável precisão os gastos de água e através de um *display*, tornamos esses valores visíveis a quem estiver no chuveiro. Esse mesmo sistema poderia ser expandido nos demais sistemas hidráulicos da casa, como mangueiras e máquinas de lavar, como citados anteriormente. Por isso a preocupação de criar um sistema descentralizado de sensoriamento e que consiga interligar todos os sistemas em um único ponto, a fim de mostrar onde toda a água está sendo usado e em que quantidade.

Esse seria um sistema ideal e que toda residência já deveria possuir, visto os impactos positivos no consumo consciente de água que esses dispositivos trariam. Portanto, para atingirmos tal objetivo, devemos criar um sistema de fácil aplicação, com um bom custo benefício e que seja confiável.

# OBJETIVO ESPECÍFICO

Dentro os objetivos deste trabalho, os mais específicos são:

1. Medir e monitorar o volume de água por segundo (vazão) de um sistema hidráulico, com precisão.
2. Fazer a transmissão dos dados de vazão coletados pelos sensores, para outro sistema independente, totalmente via Rádio Frequência (RF).
3. Garantir integridade na comunicação. Receber os quadros com a certeza de que os dados recebidos foram os mesmos enviados pelo transmissor.
4. Mostrar a vazão e o volume de água gastos durante o uso do sistema, juntamente de quanto tempo o sistema esteve ligado e gerando consumo durante o processo.
5. Ser capaz de saber quando o sistema está ligado ou não, sem a necessidade de um botão que ligue os dispositivos toda vez que uma nova medição seja requerida.

# ESPECIFICAÇÕES

Os sensores, módulos e microcontroladores utilizados para a execução desse projeto, foram escolhidos de acordo com a familiarização dos mesmos para o desenvolvimento do projeto, custo benefício e acessibilidade. Será dada uma breve explicação de como funciona cada um dos elementos base que serão utilizados no projeto, tendo como objetivo de familiarizar o leitor às formas de funcionamento dos dispositivos. Assim, quando for mostrada as formas de desenvolvimento do projeto, ficará mais fácil de entender o papel de cada peça e como cada um deles funciona.

## Sensor de fluxo

O sensor de fluxo utilizado para o projeto é o sensor *YF-S201*. Esse sensor usa a força mecânica da água que flui do encanamento para dentro dele, girando pares de hélices que se encontram dentro do sensor. Ao girar as hélices, o sensor cria um pulso magnético que pode ser captado através do efeito *hall*. Esses pulsos definem o fluxo da água que escoa sobre o sensor e possuir uma taxa definida pela Equação 1.

Equação : Taxa de fluxo YF-S201

Isso significa que a cada pulso dado por segundo, o fluxo de água é proporcional a 7.5 vezes o valor de 1 litro de água por minuto, gerando uma taxa linear de variação do fluxo pelo número de giros da hélice, sendo fácil de se predizer essa taxa de vazão. De acordo com a folha de dados do sensor *(datasheet)*. Taxa de erro que o sensor pode atingir é de 1 a 3% tanto para cima, quanto para baixo. Além de tudo isso, ele também é considerado um dos sensores com maior custo benefício no mercado para esse tipo de aplicação em domótica e *IoT,* utilizando o efeito *hall* (J. Lalnunthari and H. H. Thanga, 2017)*.* A Figura 1 mostra as dimensões do sensor retiradas diretamente dessa folha de dados.

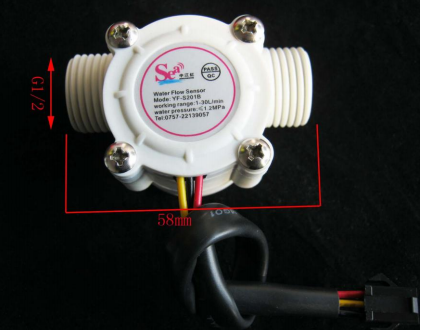


Figura : Sensor de fluxo YF-S201

## Microcontroladores Arduino

Arduino é uma empresa de hardware livre que fabrica placas com um microcontrolador e um *IDE (Interface de desenvolvimento Integrada)* com as que qualquer usuário pode criar projetos de todo tipo. A ideia é que os usuários, tanto os avançados como os novatos, possam montar uma placa próprias, criando um design único para suas necessidades e usá-la livremente sem ter que comprar uma placa pré-fabricada (GONZÁLEZ, 2016). Dessa forma, a empresa conta com milhares de desenvolvedores que não medem esforços para ajudar os mais novos no ramo, tornando assim a plataforma mais acessível e confiável.

Contando com isso, escolheu-se um microcontrolador que fosse acessível e que ao mesmo tempo conseguisse atender as demandas do projeto. No site da Arduino consegue-se ter todas as informações a respeito dos produtos que a empresa oferece e suas especificações completas (ARDUINO).

Para o projeto, serão necessárias duas controladoras, uma para fazer a captação dos dados do fluxo do chuveiro, por meio do sensor citado anteriormente e outra para fazer o processamento desses dados. Pensando que a primeira controladora estará acoplada no encanamento e sujeita a condições adversas de temperatura e umidade, foi escolhido o Arduino Nano, devido as suas dimensões físicas reduzidas, enquanto para fazer o processamento dos dados, escolheu-se o Arduino UNO, por ser mais versátil e compatível com as necessidades do projeto, além de ser bastante manejável. A Figura 2 mostra a diferença de tamanho entre o Arduino UNO, a Direita e o Nano, a Esquerda.

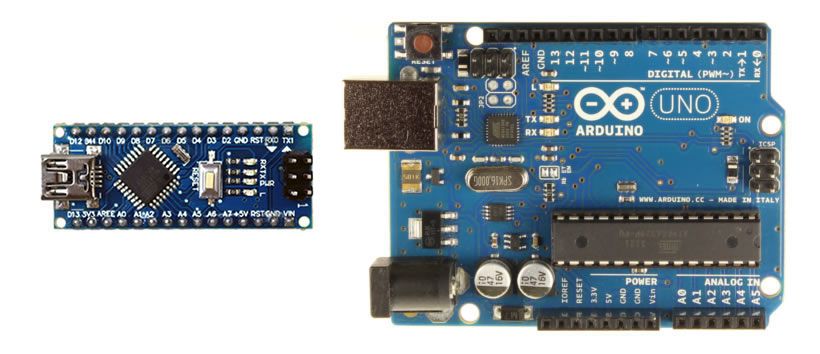


Figura : Arduino UNO a Direita e Arduino Nano a Esquerda

## Módulo Transmissor e Receptor RF 433MHz FS1000A / MX-RM-5V

Para se fazer a transmissão dos dados, será utilizado um par de transmissores de rádio frequência, que operam no espectro de 433MHz. O transmissor é do modelo *FS1000A* e o receptor é do modelo *MX-RM-5V*. Esses módulos operam com modulação *ASK* *(Amplitude Shift Keying)*, ao qual através de uma onda portadora de alta frequência, transmitem dados de forma digital a uma boa distância em metros, motivo esse pelo interesse nos módulos. Na Figura 3 encontra-se a foto de um par do módulo, estando o transmissor a direita e o receptor a esquerda.

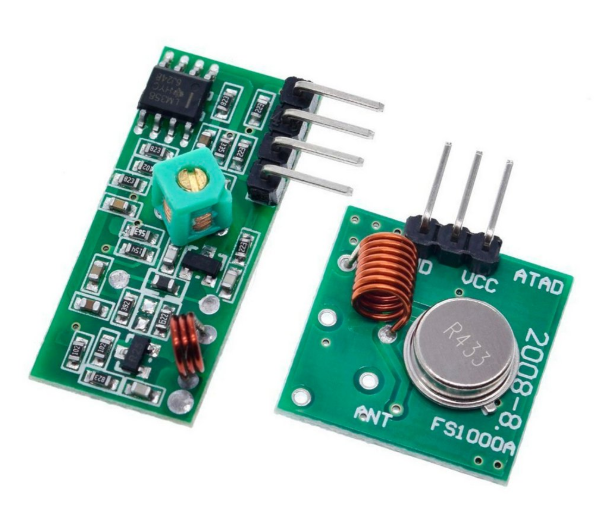


Figura : Módulo receptor RF a esquerda e módulo transmissor RF a direita

O sistema será do tipo *simplex*, ou seja, haverá comunicação somente em um sentido. O transmissor envia os dados para o receptor e não há inversão. Para garantir a segurança na entrega dos dados, haverá um *FCS (Frame Check Sequence)* para a detecção de erros. Dessa forma, se um dado esperado não for recebido ou então não chegar integro, se a checagem de erro falhar, o sistema não irá contabilizar esses dados distorcidos ou inexistentes, garantindo que não seja mostrado ao usuário, informações erradas ou então que o sistema falhe por falta de coesão ou precisão.

O sistema receptor/transmissor apresenta boa confiança, uma vez que já foi usado em artigos acadêmicos para fazer a transmissão de dados de diagnósticos de máquinas e dispositivos de sensoriamento (PRAZNOWSKI, Krzysztof & AUGUSTYNOWICZ, Andrzej, 2018) além de possui muitos materiais disponíveis na Web, dentro da comunidade *maker*.

## Display LCD 16x2

A fim de acontecer uma relação entre o usuário e sistema, será incorporado uma *IHM* (interface homem maquina) em forma de *display*. O *display* em questão é o *LCD* (*Display* deCristal Líquido) que cria uma interface com o usuário, onde será impresso todas as informações que coletaremos e que julgamos necessárias. O *LCD* possui 16 colunas e 2 linhas, com luz de fundo *(backlight)* verde e letras na cor preta. Para conexão, são 16 pinos, dos quais usamos 12 para uma conexão básica, já incluindo as conexões de alimentação, *backlight* e contraste (Figura 4).

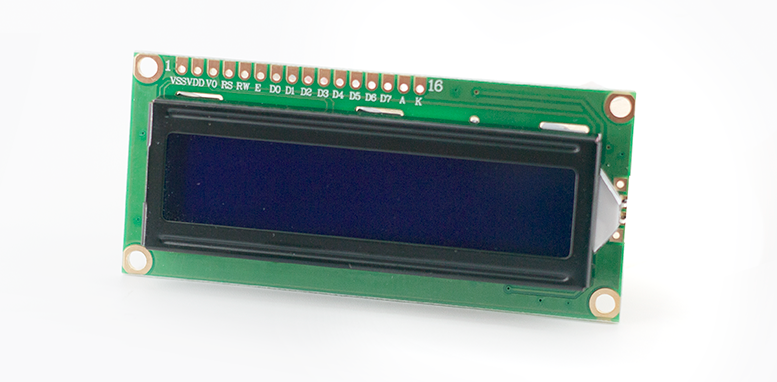


Figura : Display LCD 16x2

## Alimentação

Para conseguir alimentar o sistema, será necessário se levar em consideração alguns aspectos, como o local onde será implementado, quais as condições desse ambiente e quais os recursos disponíveis ali. Como o sistema, a primeiro momento, será dividido em duas partes, temos que levar em conta dois locais de instalação e, portanto, temos duas situações.

A primeira e mais simples das duas, será o local onde estará a interface de comunicação com o usuário. Esta estará disposta na altura dos olhos, dentro do local de banho e por se tratar de um local bastante úmido e com riscos de choques, de acordo com a NBR5410, não é permitido tomadas ou qualquer outra fonte de energia a menos de 60 centímetros de boxes ou locais de banho (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, pag 170). Portanto, o sistema deverá utilizar uma bateria de 9V que consiga suprir a sua demanda energética.

Para o segundo caso, já se pode usar mais artifícios, uma vez que, apesar do local inapropriado, onde há um chuveiro, haverá também uma fonte de alimentação bastante forte, capaz de suprir o pequeno sistema. Nesse ponto, irá se referir ao sistema, sendo composto pelo Arduino, o sensor de fluxo e o módulo transmissor, portanto, não há a necessidade de uma fonte de energia grande ou então, o risco de sobrecarga da rede, uma vez que o gasto energético do sistema é quase nulo, quando comparado ao da instalação de um chuveiro. Nesse caso, será utilizado uma fonte de alimentação 12V própria que será conectada diretamente na rede, utilizando os próprios conectores do chuveiro ou então outro conector comercial do mesmo padrão.

# DESENVOLVIMENTO

De forma resumida, será utilizado um sensor de fluxo, acoplado em série ao encanamento dos dispositivos ao qual fará o sensoriamento, o dispositivo em questão será o chuveiro. O funcionamento do Sensor de Fluxo de água baseia-se em uma turbina estilo hélice que gira conforme o fluxo de água e detecta a quantia de voltas dadas, gerando um sinal de pulso modulado *pwm (pulse width modulation)*. Dessa forma, usando um microcontrolador da família Arduino, ele será capaz de detectar qual o volume de água que está fluindo pelo encanamento e assim, fazer o monitoramento.

O microcontrolador utilizado será da família Arduino devido ao fácil acesso dos pinos de leitura digital e *pwm.* Além da medição do fluxo de água, o microcontrolador, também será utilizado para fazer a transmissão dos dados coletados com o sensor para outro microcontrolador da mesma família, a fim de conseguir fazer pontos independentes de monitoramento, com um único ponto de recepção para controle dos gastos. Dessa forma tem-se o controle do sistema, dividido em dois pontos independentes, interligados de forma virtual e controlados pelos Arduinos de forma que a programação de cada um seja feita conforme as necessidades dele e assim, tornando o sistema modular, sendo bastante fácil de se fazer a expansão do sistema para mais dispositivos dispersos sob a casa.

O microcontrolador UNO assim como o Nano, possuem características muito similares, exceto pelas dimensões físicas. No entanto, as demais diferenças são irrelevantes para o projeto, uma vez que os microcontroladores são suficientes para o projeto, possuindo pinos digitais suficientes e entradas e saídas *pwm* que são os requisitos mais importantes. A programação de ambos pode ser feita na mesma *IDE* e não possuem diferença de linguagem alguma.

Pensando na transmissão dos dados coletados pelo sensor de Fluxo, a primeira ideia que saltou aos olhos, foi fazer via transmissão em rádio frequência. Existem módulos desse tipo que podem ser usados com o microcontrolador Arduino, em espectros de frequências legais na faixa de 433MHz. Tais módulos, apesar de conseguirem, não precisam possuir alcance maior que alguns metros e podem usar antenas compactas para isso.

Para fazer a ponte entre o sistema e o usuário, fez-se necessário o uso de uma *IHM* simples, que pode ser um pequeno *display* sem muitas funções, além da função de mostrar o registro do consumo de água e o desperdício gerado. Dessa forma, tem-se um sistema completo e bastante simples, com possibilidade de expansão e que consegue obter todos os objetivos propostos.

Para demonstração das etapas de desenvolvimento do sistema de forma completa, foi necessário se separar em dois grandes tópicos, sendo o primeiro tópico, a parte de ***Hardware***, onde será montado o sistema físico do projeto e através da folha de dados dos dispositivos, feito o dimensionamento do sistema para que consiga operar conforme o esperado e com a máxima redução de erros. Enquanto o segundo tópico, fala a respeito da implementação de ***Software*** do sistema, abordando pontos importantes para o funcionamento pleno do sistema lógico. O código utilizado pelos sistemas estará disponível no apêndice do documento.

## HARDWARE

A primeira coisa feita após a definição das dores que o sistema iria sanar e como ele iria fazer, foi a escolha das peças que comporiam o sistema como um todo. Cada sensor ou dispositivo usado, foi escolhido com alguma tarefa em particular que ele deveria solucionar e com isso, criar o sistema como uma peça única. Cada peça tem uma particularidade sua e funciona com algum protocolo de operação próprio, portanto, a familiarização com os componentes utilizados, foi um fator importante para a sua escolha, mais até que o seu preço ou desempenho. Dessa forma, outros dispositivos podem ser substituídos em réplicas ou adaptações desse projeto, desde que cumpram com as mesmas funções dos dispositivos originalmente escolhidos.

O sistema está plenamente modularizado, de tal forma que é possível se analisar componente por componente, individualmente, sem que se perca precisão da ideia.

### Transmissor

Para o sistema de transmissão dos dados, estão inclusos os componentes listados na Tabela 1.

Tabela : Tabela de componentes do transmissor

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Nome do componente | Preço médio | Descrição | Modelo |
| Arduino NANO | R$ 35,00 | Microcontrolador | ATMega328p |
| Tranmissor RF de 433MHz | R$ 6,00 | Transmite os dados coletados | FS1000A |
| Sensor de Fluxo 1/2’ | R$ 35,00 | Mede o fluxo de água do encanamento | YF-S201 |
| Fonte de Tensão 9V | R$ 15,00 | Alimentação do sistema | # |
| Total | R$ 86,00 | # | # |

#### Arduino NANO

O Arduino NANO é o microcontrolador do sistema transmissor. Ele é o responsável por fazer toda a aquisição dos dados do sensor de fluxo, converter e envia-los ao receptor. O Arduino NANO opera em uma tensão de 5V, no entanto, é especificado que seja alimentado com pelo menos 9V para que opere com integridade.

O Arduino NANO não possui nenhuma particularidade a mais do que o Arduino UNO. Ao contrário do Arduino UNO, ele foi escolhido por causa das suas dimensões físicas serem reduzidas. O Arduino NANO possui sistema de interrupções e modulação *PWM*, dois fatores importantes que precisam ser respeitados para o funcionamento tanto do Sensor de fluxo e do transmissor Figura 5.

Como ambos dispositivos operam em 5V, não há a necessidade de se fazer conversões ou usar qualquer outro dispositivo acoplado ao microcontrolador.

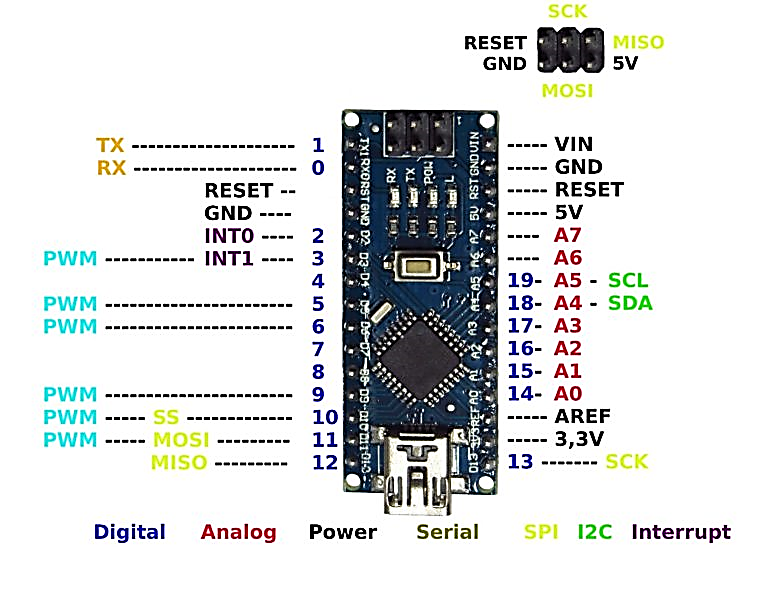


Figura : Arduino NANO e pinagens (Retirado de www.filipeflop.com)

#### Módulo transmissor FM

O Módulo transmissor *FS1000A* é o responsável pela transmissão dos dados coletados pelo sensor de fluxo e manipulados pelo Arduino UNO. O modulo possui 3 pinos (Figura 6), sendo eles indicados como *(1) DATA, (2) VCC* e *(3) GND*, significando respectivamente, pino de transmissão, alimentação positiva de 5V a 12V e aterramento. O módulo opera com modulação *ASK*, ou seja, quando recebe tensão de 5V no pino de dados ele envia uma série de ondas eletromagnéticas pelo ar, ao cessar a alimentação nesse pino, ele para de transmitir. Essa operação *ON-OFF* é totalmente feita via *software*, basta o módulo estar conectado em algum pino digital do microcontrolador.

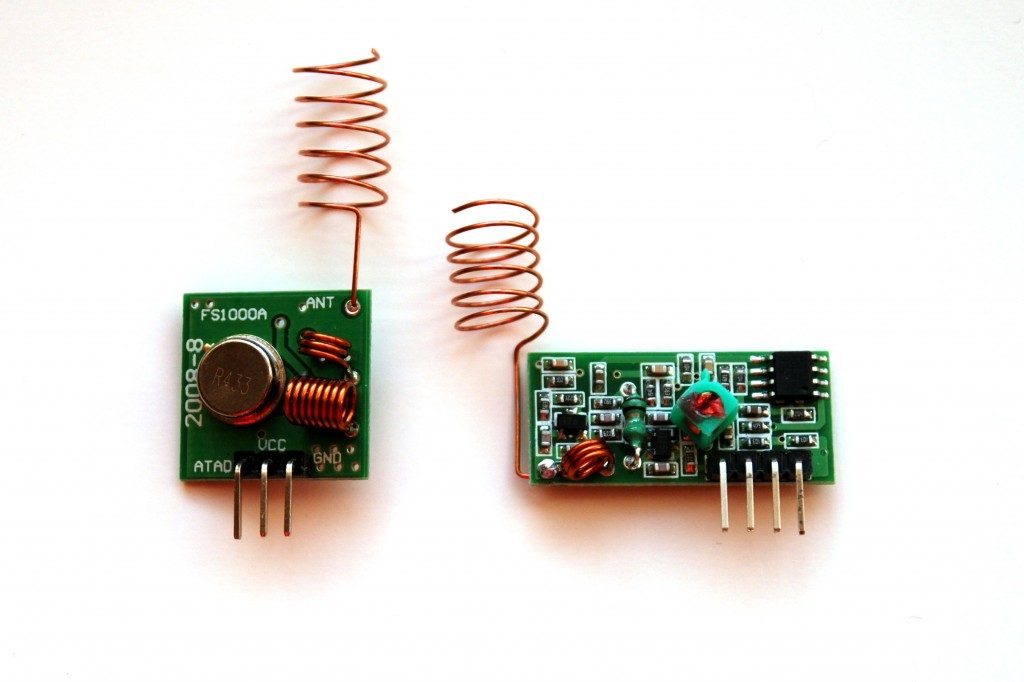


Figura : Transmissor FS1000A visto de cima

O módulo transmissor opera em um espectro eletromagnético de 433MHz, tornando-o um transmissor omnidirecional, ou seja, ele envia sinais eletromagnéticos em todas as 3 dimensões com o seu epicentro na antena. Em geral, esse tipo de transmissão costuma ser mais eficaz, ou seja, costuma a enviar sinais a distancias maiores, de acordo com a tensão aplicada nos pinos de alimentação *VCC*, podendo chegar até 200 metros em campo aberto quando acoplado uma antena eficaz.

Será utilizado no transmissor, uma antena dimensionada de 17.30cm utilizando um fio de cobre rígido 24awg como segue a Equação 2.

Equação : Dimensionamento de antenas de RF

A Equação 2 é conhecida mundialmente e imutável. Composta por sendo o comprimento da onda eletromagnética que queremos encontrar, a frequência de operação de transmissão e a velocidade da luz, uma constante que vele aproximadamente 300Kkm/s. Aplicando os valores de e , obtemos o valor aproximado de 0,6923m. No entanto, o esperado de uma antena é que ela tenha pelo menos o comprimento de múltiplos de 1/4 de . Nesse caso 0,6923m/4 = 0,17309m ou 17,30cm. No entanto, visando melhor qualidade, iremos usar um múltiplo de 1/2 de enrolado em forma helicoidal de 5mm de diâmetro interno e mantendo o passo o mais uniforme possível (HALLIDAY, David. RESNICK, 2008).

#### Sensor de fluxo

O sensor de fluxo *YF-S201*, possui um diâmetro interno de *1/2’* e pode ser acoplado diretamente no encanamento, com o uso de luvas. O sensor ao girar a hélice interna com o movimento mecânico água, irá gerar pulsos magnéticos que através do efeito *hall*, geraram pulsos que poderão ser captados em forma de interrupção no microcontrolador.

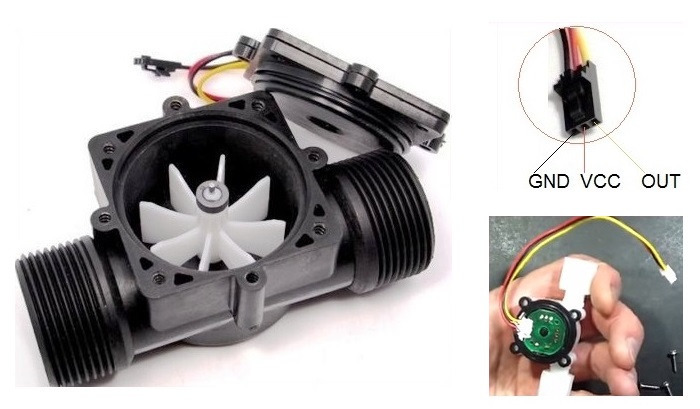


Figura : Sensor de fluxo YF-S201

Na figura 7 podemos ver a estrutura interna do sensor e as respectivas pinagens, sendo elas *(1) GND, (2) VCC* e *(3) OUT*, responsáveis respectivamente pela alimentação negativa, positiva e pela saída dos pulsos. Os pulsos são gerados pelo pequeno imã no eixo de rotação da turbina. Esse sensor pode ser visto sendo usado no artigo de C. Rajurkar usado em um projeto de *IoT (Internet of things)* no gerenciamento do consumo de água em residências (C. Rajurkar, 2017).

#### Fonte de energia

A fonte utilizada, será uma fonte chaveada com entrada 110 ~ 220 e saída de 9V, com capacidade de até 1A (Figura 8). A fonte será ligada diretamente na rede elétrica, de tal forma que o sistema consiga sempre estar ligado, evitando assim o contato com o dispositivo, para que não torne o método de ligar e desligar o sistema, algo cansativo e desencoraje o uso.

A ponteira da fonte de alimentação é do tipo P4, no entanto, haverá um estágio de adaptação para que o conector encaixe no Arduino NANO, uma vez que ele deverá ser ligado diretamente nos pinos de alimentação *Vin* na própria placa (*onboard)* e ser devidamente isolado, evitando riscos de choque elétricos por ser exposto em ambientes muito úmidos.



Figura : Fonte de alimentação 9V do transmissor

### Receptor

Para o sistema de recepção dos dados vindos do transmissor, foram utilizados:

Tabela : Tabela de componentes do receptor

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Nome do componente | Preço médio | Descrição | Modelo |
| Arduino UNO | R$ 50,00 | Microcontrolador | ATMega328p |
| Receptor RF 433Mhz | R$ 5,00 | Receptor dos sinais RF | MX\_RM\_05 |
| Display LCD 16x2 | R$ 20,00 | Interface supervisória | 16x2 *backlight* verde |
| Led RGB | R$ 1,00 | Indicador luminoso | Anodo comum 5mm |
| Botões | R$ 2,00 | Configurações extra | # |
| Total | R$ 78,00 | # | # |

#### Arduino UNO

Da mesma forma que o transmissor, o receptor usará um Arduino, porém dessa vez do modelo UNO, a pesar de ser o mesmo chip microcontrolador ATmega328P, a placa é um pouco diferente, como mostra a Figura 2.

O receptor usará um Arduino UNO para controlar os sinais recebidos pelo receptor de RF e processá-los, assegurando que os dados sejam recebidos de forma integra e assim, passando tais informações para a interface do *display* e o *led* *RGB*. O Arduino será o cérebro por trás de todo processo de controle e atuará como um agente regulador, sendo o responsável pela alimentação e manipulação de todo o sistema.

#### Receptor RF 433MHz

O receptor RF do modelo *MX\_RM\_05* será o responsável pela recepção dos quadros recebidos do transmissor. Da mesma forma que o transmissor possui uma antena de 17,3cm para enviar os quadros, o receptor também irá possuir uma antena para receber as ondas eletromagnéticas que carregam toda informação útil, evitando que pedaços se percam no caminho ou que não consigam ser captados. O controle de integridade dos quadros recebidos, porém, não será processado pelo módulo receptor, mas sim pelo microcontrolador.

Na Figura 9 vemos o receptor descrito acima, junto de sua antena.

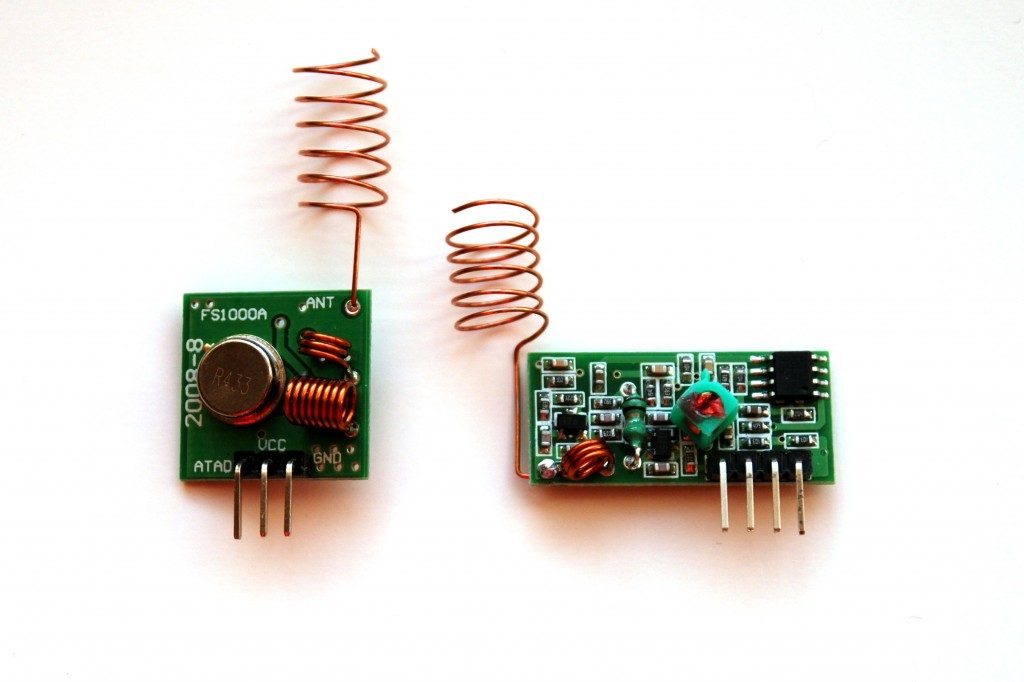


Figura : Módulo receptor MX\_RM\_05

A pesar de possuir 4 pinos, o receptor só utiliza 3 deles, uma vez que os pinos 2 e 3 estão interligados e representam os pinos de dados. Os pinos são *(1) GND, (2,3) Dados* e *(4) VCC* vistos da esquerda para a direita na Figura 9. Ao contrário do transmissor, o receptor só opera em faixas de tensão de 5V.

#### *Display* LCD 16x2

O *display* de 16 colunas e 2 linhas, funciona seguindo os protocolos *SPI(serial peripheral interface)* através de uma série de registradores internos que fazem todo o controle do que será impresso e onde dentre as colunas e linhas será impresso. Na Figura 4 vemos os pinos do *display* em um total de 16 pinos, no entanto, ao contrário do que pode se pensar, apenas 4 deles são pinos de dados. Na Tabela 3 podemos ver qual a pinagem, em ordem crescente, do d*isplay* e para que servem.

Tabela : Pinos do LCD

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Pino LCD | Nome | Função |
| 1 | Vss | Alimentação positiva (5V) |
| 2 | Vdd | Alimentação negativa (*ground*) |
| 3 | V0 | Ajuste de brilho do *display* |
| 4 | RS | *Reset* |
| 5 | R/W | *Read / Write* |
| 6 | EN | *Enable* |
| 7 ~ 10 | D0~D3 | Pinos de dados para função *Read* (Não usados) |
| 11~14 | D4~D7 | Pinos de dados para função *Write* (Usados) |
| 15 e 16 | Anodo e Catodo | Pinos de ajuste de LED *background* (Não usados) |

Para o projeto, serão utilizados os pinos de dados *D4, D5, D6* e *D7*, para a função de *Write* no *display*, além dos pinos *RS* e *EN*, importantes para o controle de escrita na tela. Além dos pinos digitais, usaremos um pino analógico do microcontrolador para fazermos o ajuste de *V0*, sem o uso de um potenciômetro externo. *Vss* e *Vdd* serão conectados na alimentação do microcontrolador, sendo o positivo e o *ground*, respectivamente.

#### Led RGB e Botões

Será utilizado também um l*ed RGB* como forma de aviso luminoso ao usuário do dispositivo. O *led RGB* nada mais é que três *leds* em um só encapsulamento. Ele é formado por um *led* vermelho (R de *Red*), um verde (G de *Green*) e um azul (B de *Blue*) Figura 10. Por ser um *led* multicolorido, podemos variar sua cor e brilho, a fim de gerar efeitos de urgência e para chamarmos atenção ao dispositivo.

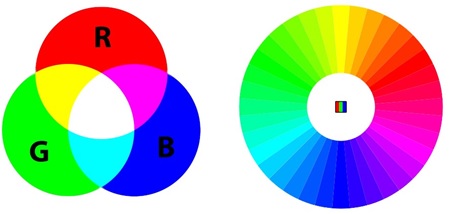


Figura : Cores RGB (Red, Green, Blue)

O *led* em questão é do tipo Catodo Comum, o que significa que ele possui seu pino de alimentação Negativo, comum aos demais *leds*. Portanto, para acendermos determinada cor, precisamos enviar um sinal com tensão positiva para os respectivos pinos. Na Figura 11 vemos os dois tipos de *leds* disponíveis, sendo eles do tipo Catodo comum e Anodo comum, um é o oposto do outro.

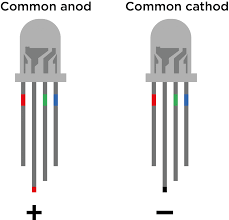


Figura : Anodo Comum e Catodo Comum

Para ligar o *led*, cada cor possui uma tensão de operação, sendo elas 2V para a cor vermelha, 3.2 para as cores Azul e Verde. Para usá-lo com o microcontrolador, faz-se necessário 4 pinos analógicos para que assim, consiga-se entregar as tensões necessárias para cada um dos pinos sem precisar fazer o uso de resistores.

### Estimativa de manutenção

Como o dispositivo eletrônico vai estar instalado em um ambiente bastante úmido por natureza, é importante que medidas de combata ao desgaste desses dispositivos e falhas contra eventuais queimas prematuras. Um sistema de isolamento é essencial para que a umidade não entre em contato com os circuitos eletrônicos, tal isolamento pode ser feito com a criação de uma caixa de proteção que junte as partes sensíveis e deixem expostas somente as partes que não podem ser guardadas. Havendo um sistema de isolamento eficiente, a vida útil do sistema se estenderá por mais tempo, caso contrário, falhas devido a oxidações ou curtos-circuitos podem acontecer, desgastando as peças e assim, havendo necessidade de troca de equipamentos.

### Conclusão de Hardware

Como o maior problema do dispositivo está na comunicação RF entre transmissor e receptor, é fundamental que estes estejam alinhados para que evite que quadros sejam perdidos no ambiente e assim, o sistema perca qualidade. Para isso foi feito um teste como mostra a Tabela 4. Esse teste visou avaliar a qualidade da transmissão e a taxa de perdas no caminho, avaliando quantos quadros foram enviados e quantos recebidos, alterando-se a distância em linha reta entre eles e após, adicionando obstáculos no caminho.

Tabela : Tabela de alcance do transmissor/receptor em 1Hz

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Distância | Obstáculos | Quadros enviados | Quadros recebidos | Taxa de sucesso |
| 1m | Não | 60 | 60 | 100% |
| 5m | Não | 60 | 60 | 100% |
| 10m | Não | 60 | 60 | 100% |
| 15m | Não | 60 | 59 | 98% |
| 20m | Não | 60 | 30 | 50% |
| 1m | Sim | 60 | 60 | 100% |
| 5m | Sim | 60 | 59 | 98% |
| 10m | Sim | 60 | 28 | 46% |
| 15m | Sim | 60 | 0 | 0% |
| 20m | Sim | 60 | 0 | 0% |

Pode-se perceber então, que o transmissor é eficaz para transmitir dados para distâncias de até 15 metros em linha reta, sem obstáculos. No entanto, adicionando paredes e mais elementos domésticos, o seu alcance cai para até 5m com eficiência, mas consegue captar até 10m, recebendo quase a metade dos quadros que são enviados.

Diante disso, com uma proporção de sucesso de quase 100%, tratando de ambientes abertos em distância de 10m e com obstáculos a 5m, considera-se que mesmo a nível de protótipo, com os contatos elétricos longe do ideal, o sistema se mostrou muito eficiente, portanto, será capaz de realizar as tarefas para o qual foi desenvolvido, uma vez que os dispositivos transmissores e receptores não irão operar em distancias maiores que 10m.

## SOFTWARE

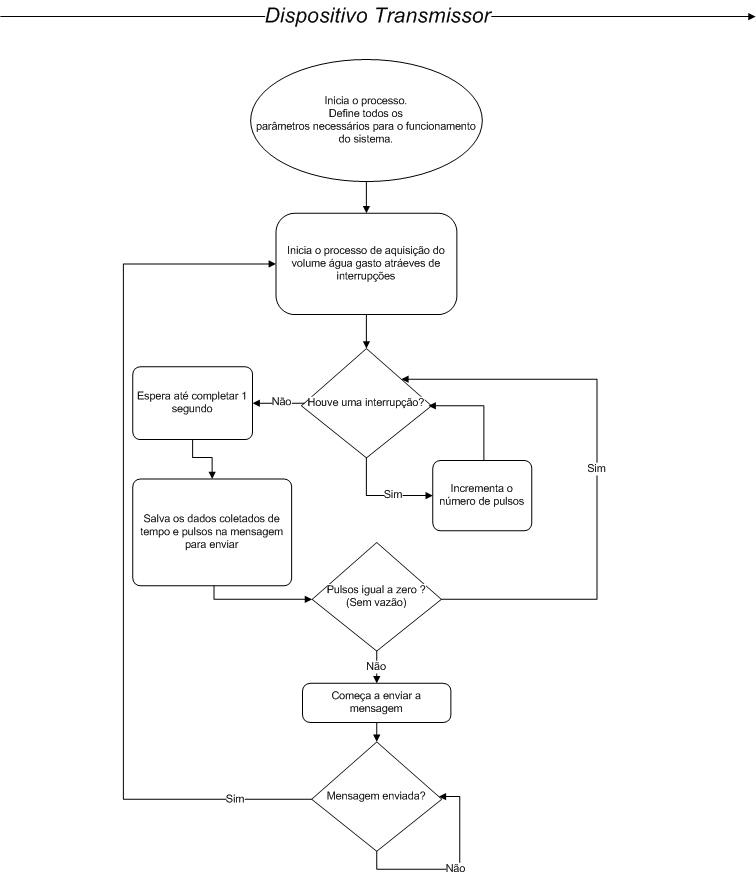
Para a análise de *Software*, irá ser destinado um tempo especial para olhar de perto, como cada um dos componentes do sistema Transmissor e Receptor irão trabalhar em conjunto, eletricamente, para que o sistema funcione plenamente. O cérebro do sistema serão os microcontroladores da família Arduino, que possuem a capacidade de serem programáveis e assim, adaptáveis, às diversas aplicações. O Arduino será tratado como unidade central e os sensores e atuadores, serão os periféricos do sistema.

Para a programação do sistema, a plataforma Arduino possui uma *IDE* próprio, um ambiente de desenvolvimento integrado criado para facilitar a programação das diversas plataformas de desenvolvimento, usando a linguagem de programação C/C++. Essa *IDE* pode ser instalada diretamente no seu computador pessoal ou então ser acessada diretamente no site da Arduino.cc de forma online (ARDUINO, 2020).

A programação Arduino é feita em alto nível se comparado à linguagem de máquina, a linguagem a qual o microprocessador irá interpretar, geralmente feita utilizando a linguagem de programação PASCAL. No entanto é vista como uma linguagem de baixo nível quando comparada as demais linguagens de programação que podem ser usadas, pois aproxima-se da máquina, podendo lidar diretamente com registradores e contadores do chip microprocessador.

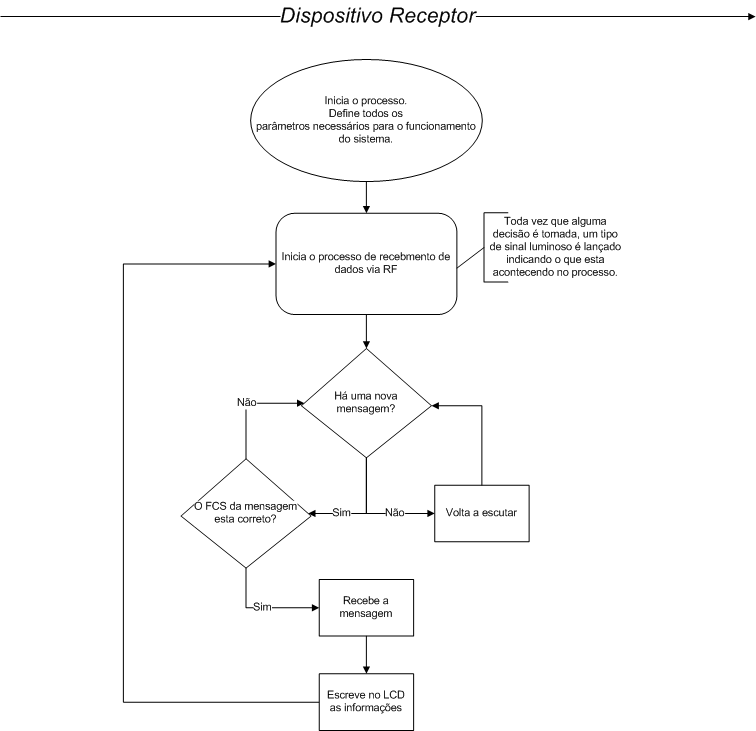
O código está escrito em linguagem C/C++ e pode ser encontrado, completo, no apêndice, no entanto, é necessário se ter um conhecimento básico de algoritmos de programação. Nesse tópico iremos abordar somente o fluxograma do sistema, de forma bastante simplificada, uma vez que o código completo está disponível ao final do documento e não é de interesse geral.

### Fluxograma do dispositivo Transmissor



Vendo o fluxograma do dispositivo transmissor, percebe-se que o sistema é bastante simples, apenas faz a aquisição dos dados durante um segundo e logo após, os envia utilizando o módulo RF mencionado. Em poucas etapas, temos os dados de tempo e quantidade de pulsos dados pelo sensor de fluxo por segundo sendo enviados. Caso o número de pulsos seja igual a zero, significa que o sistema não está consumindo água e, portanto, não envia dado algum.

### Fluxograma do dispositivo Receptor



Para a recepção dos quadros enviados, faz-se duas verificações. A primeira se há uma nova mensagem ou não, caso haja, fazemos a segunda verificação, caso não, fica escutando até encontrar uma nova mensagem. A segunda verificação acontece quando se encontra uma nova mensagem, assim, verifica-se a mensagem, se chegou integra ou não, verificando seu *FCS,* caso esteja, então recebe-se a mensagem e escreve no *display*. Após feito isso, volta a escutar novas mensagens.

Depois de um tempo predeterminado sem receber quadros novos, o sistema reinicia e entra em modo de economia de energia, para poupar bateria, uma vez que os banhos valem cerca de 2% do dia e, em todo resto do tempo, o dispositivo permanecerá sem utilidade.

### Comentário acerca do software

Dessa forma, pode-se perceber com a ajuda dos fluxogramas, que diferente do imaginado, à primeira vista, a coleta e transmissão de dado obtidos dos sensores pode ser feita de uma forma muito simples e sem a necessidade de se ter um conhecimento avançado em programação. Esse é um fator importante para a réplica do projeto para os interessados e entusiastas em domótica e *IoT*.

Acrescenta-se também que o código fonte do projeto estará disponível de forma gratuita e aberta através da plataforma GitHub, no seguinte endereço Web: [*https://github.com/iOsnaaente/Medicao-de-consumo-de-agua*](https://github.com/iOsnaaente/Medicao-de-consumo-de-agua) *.*

## Protótipo e projeto final

O projeto até este ponto foi desenvolvido como um protótipo, sendo assim, as imagens apresentadas durante o documento e as imagens do apêndice foram todas coletadas durante o processo de criação e desenvolvimento, sem levar em considerações aspectos importantes da aplicação real do projeto. Como já mencionado, ambos dispositivos estarão dispostos em ambientes agressivos para eletrônicos, desta forma, eles precisam de proteção contra umidade e agentes corrosivos, como resíduos de sabão e químicos comuns encontrados em banheiros.

Como a ideia do projeto é fazer um produto viável e funcional, foi projetado uma carcaça para o dispositivo receptor, que estará em contato direto com todos os agentes corrosivos citados. Ela foi idealizada, para ser impressa em material ABS com uma impressora 3D. Essa carcaça pode ser vista na Figura 12 abaixo.

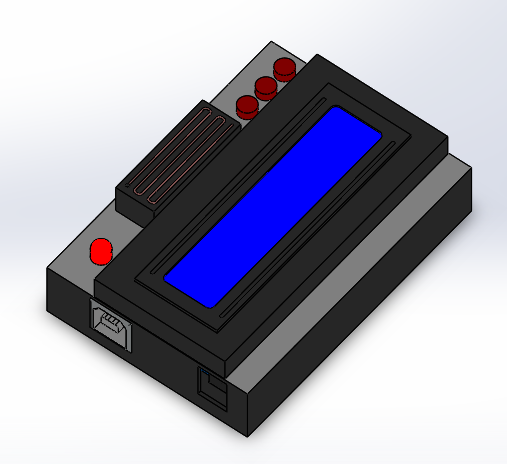


Figura : Modelagem 3D da carcaça do dispositivo Receptor

O modelo de carcaça foi desenvolvido para proteger a parte eletrônica, além da bateria que será usada juntamente com o dispositivo, dessa forma, o microcontrolador e todos os demais elementos eletrônicos estarão isolados do ambiente agressivo do banheiro, deixando apenas visível o *display* LCD, a antena e os botões. Na Figura 12 pode-se ver que ela foi projetada para alocar 3 botões, sendo cada um deles usado para uma das 3 funcionalidades de menu, já apresentadas no *software,* além de um *led RGB* e a antes acoplada na parte superior central.

Veja as Figuras 23 e 24 onde mostra, de outras vistas, a carcaça, no apêndice.

# CONCLUSÃO

O desenvolvimento do projeto está a nível de protótipo. A montagem dos dois dispositivos (Transmissor e Receptor) foram feitas a nível de bancada e estão totalmente expostos como mostram a Figura 13 e Figura 14. Considerando o dispositivo como um produto final, ainda existem etapas adicionais para a implementação plena desse produto como a criação de uma placa de circuitos impressa com implementação de um microcontrolador *onboard* do tipo *standalone* e, redesenho da carcaça para se ajustar às mudanças.

O Arduino é um microcontrolador de código aberto (*opensource)*, portanto, é comum a criação de placas pessoais e especializadas para serviços específicos. Para o dispositivo em questão, seria muito interessante a criação de uma placa própria, que cumpra as funções requisitadas e que tenham os módulos e dispositivos integrados em uma mesma placa. As vantagens de se fazer tal placa são várias, como, optimização de espaço físico, segurança de contatos elétricos, isolamento apropriado contra oxidações resultantes do ambiente úmido e facilidade de manutenção.

No entanto, se limitando a nível de protótipo, nosso projeto cumpriu bem os requisitos propostos por ele e mostrou bastante eficaz na aquisição dos dados de volume de água e comunicação a longas distâncias com boa eficiência e entrega integra de quadros, conseguindo comunicar o sistema em dois pontos distintos, tratando o sistema como um único sistema centralizado.

Além do mais, podemos ver que não houve um investimento astronômico para fazermos a aquisição de todos os componentes, se levando em conta os benefícios a longo prazo e pensando na economia de água e também elétrica. O gasto médio para se comprar e montar o circuito receptor foi de R$ 91 e para o circuito transmissor foi de R$ 78, dando ao total um gasto de R$ 169, sem levantar gastos para a impressão da carcaça. À primeira vista parece que há a necessidade de um investimento bastante gordo para algo que “não há necessidade”.

No entanto, quando analisamos a Tabela 5, usada para calcularmos o gasto de um chuveiro de potência média entre 5.5kWh e 7.5kWh e, presumindo que o tempo de banho de 3 casas com números de pessoas diferentes e tempos de banho diferentes, analisamos. Efeito da conta de luz em reais sem o uso do sistema e com o uso do sistema, presumindo que ele reduza o tempo de banho em 33% do tempo sem o sistema. O sistema se paga em questão de meses, considerando a tarifa de R$ 0.56 a cada kWh que foi cobrada no mês de junho de 2020 na região centro-oeste do rio grande do sul - Brasil. (ANEEL, 2020).

Tabela : Gastos anuais e economia de luz com o dispositivo operando – Parte 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Casa | Potencia  kWh | Nº pessoas | Tempo banho | Tempo total da casa | Tempo com dispositivo | Custo kWh | Gasto kWk antes | Gasto kWk depois |
| Casa1 | 6.5 | 4 | 15 | 60 | 20 | R$0,56 | 6.50 | 2.15 |
| Casa2 | 3 | 10 | 30 | 10 | 3.25 | 1.07 |
| Casa3 | 2 | 10 | 20 | 6.5 | 2.17 | 0.72 |
| Total |  | 9 |  | 110 | 36.5 |  | 11.91 | 3.93 |

Tabela : Gastos anuais e economia de luz com o dispositivo operando - Parte 2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Diferença em kW | Valor Diferença em um dia | Em uma semana | Em um mês | Em um ano | Gasto no ano sem o sistema |
| 4.35 | R$ 2,44 | R$ 17,07 | R$ 73,16 | R$ 890,15 | R$ 2.145,00 |
| 2.18 | R$ 1,22 | R$ 8,54 | R$ 36,60 | R$ 445,10 | R$ 1.072,50 |
| 1.45 | R$ 0,81 | R$ 5,70 | R$ 24,40 | R$ 296,70 | R$ 715,00 |
| 7.98 | R$ 4,47 | R$ 31,30 | R$ 134,10 | R$ 1.621,96 | R$ 3.932,50 |

Nas condições da hipótese levantada, teríamos uma economia de luz de aproximadamente R$ 1.620 em um ano, somando as três casas, com diferentes números de pessoas e diferentes tempos de banho e potencias de chuveiro. Com essa economia, seria suficiente para criarmos mais 10 sistemas como esse e assim sucessivamente, gerando uma grande economia na conta de luz, ajudando no desperdício de água e ajudando o meio ambiente de uma forma voluntária.

Além da economia em energia elétrica, fator pelo qual o sistema funcionará, haverá a economia direta do volume em litros de água que são desperdiçados diariamente de forma inconsciente. Na mesma proporção que economizaríamos 30% na conta de luz no final do dia, teremos a mesma proporção na economia de água, sendo assim, em um banho de 10 minutos, que são gastos em média 100 litros de água, teríamos uma economia de 30 litros por banho no dia. Usando o total de 9 pessoas da Tabela 5 e 6, podemos assumir que haveria uma economia de 270 litros de água por dia, 8100 litros por semana e 97.200 litros por ano. Economia essa que se dará de forma espontânea, sem o pesar ou a dor de ter que reduzir seu tempo, prazeroso, de banho, já que o bolso pesa mais que a consciência em muitos casos.

Tendo atingido os objetivos visados no momento da criação do projeto, finalizo demonstrando extrema alegria com os resultados adquiridos e pensando no efeito positivo que poderia alcançar com difusão desse método de economia voluntário. O meio ambiente é um espaço dividido com todos nós e cuidar dele é um dever que temos com as gerações que virão depois de nós. Encerro com as Figuras 13 e 14, onde temos imagens do dispositivo em bancada, do transmissor e receptor.

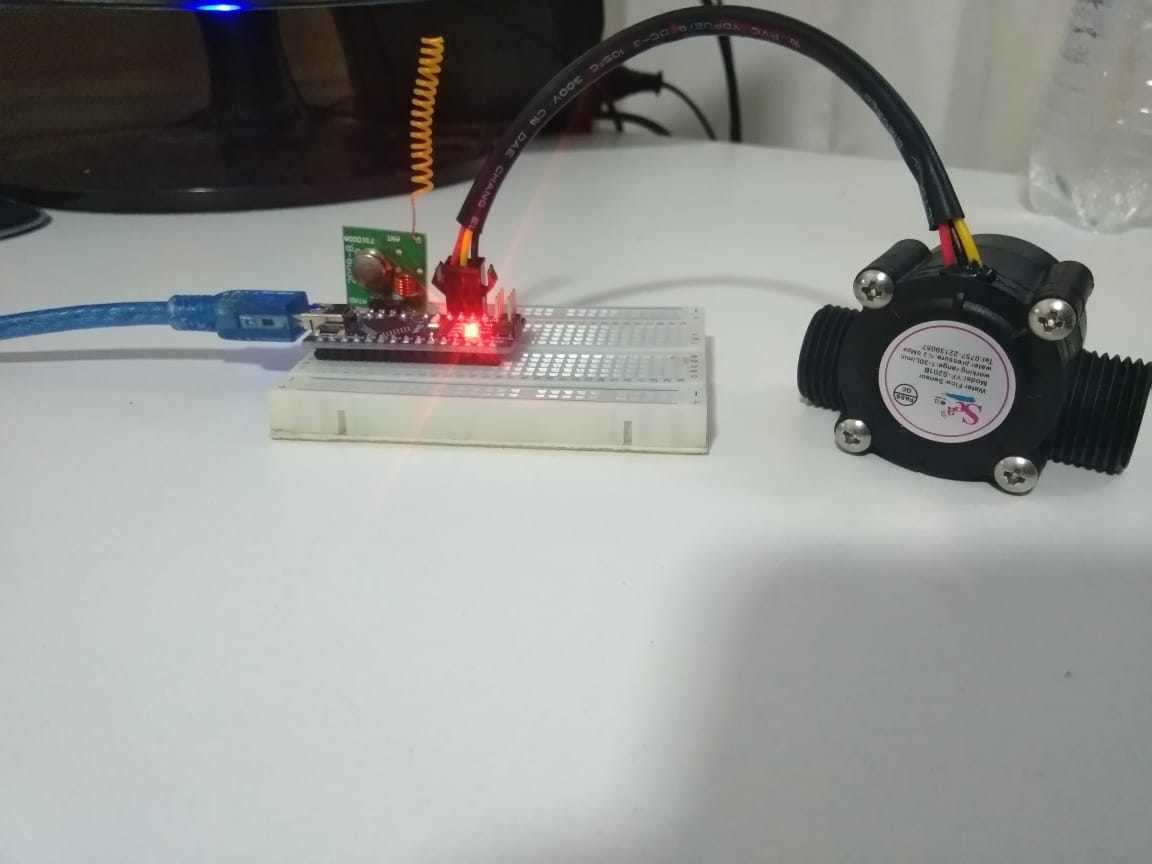


Figura : Protótipo dispositivo Transmissor



Figura : Protótipo dispositivo Receptor

# BIBLIOGRAFIAS

[1] ANGELO, Claudio; et al. **Governo do estado do Paraná**: Uma previsão catastrófica marca o colapso da água no mundo para o ano 2025, s.d. Disponível em: < http:// [www.diaadiaeducacao.pr.gov.br](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br) /portals/ roteiropedagogico/ publicacao/ 2519\_A\_era\_da\_falta\_de\_agua.pdf >. Acesso em: 15 de maio de 2020.

[2] CARMO, Roberto Luiz do; DAGNINO, Ricardo de Sampaio; JOHANSEN, Igor Cavallini. **Transição demográfica e transição do consumo urbano de água no Brasil**. Rev. bras. estud. popul., São Paulo , v. 31, n. 1, p. 169-190, Jun 2014.

[3] GONZÁLEZ, Gabriela. Blogthinkbig.com. **Por que Arduino é útil e o que é possível criar com ele?.** 5 de maio de 2016;Disponível em < <http://br.blogthinkbig.com/> >. Acesso em 22 de maio de 2020.

[4] ARDUINO. **Página inicial**. Disponível em: < <https://www.arduino.cc/>>. Acesso em: 16 de maio de 2020.

[5] ARDUINO REFERENCIAS. **Referencias.** Disponível em: < <https://www.arduino.cc/>reference/pt/>. Acesso em: 06 de jun de 2020.

[6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410:2004 - Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2004, p. 170.

[7] HALLIDAY, David. RESNICK, Robert e WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. vol.2: 8ª edição, 2008. p258 - A Velocidade de uma Onda Progressiva Eq. 16-13.

[8] C. Rajurkar, S. R. S. Prabaharan and S. Muthulakshmi, **IoT based water management**, 2017 International Conference on Nextgen Electronic Technologies: Silicon to Software (ICNETS2), Chennai, 2017, pp. 255-259.

[9] J. Lalnunthari and H. H. Thanga, **Dependence of hall effect flow sensor frequency on the attached inlet and outlet pipe size**, 2017 IEEE International Conference on Consumer Electronics-Asia (ICCE-Asia), Bangalore, 2017, pp. 56-60.

[10] ANEEL, **Ranking de tarifas por região**. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas>>. Acesso em 08 de jun de 2020.

[11] DELFINO, Carlos. **HelloWorld - Documentação da biblioteca VirtualWire**; Disponível em: <<http://carlosdelfino.eti.br/helloworldarduino/VirtualWire/>> Acesso em 15 de jun de 2020.

[12] PRAZNOWSKI, Krzysztof & AUGUSTYNOWICZ, Andrzej. **Wireless signal transmission for diagnostics of machines and devices**. AIP Conference Proceedings. 2029. Out de 2018.

[13] PJRC, Eletronic Projects Components Available Worldwide. **LiquidCrystal Library**; Disponível em <<https://www.pjrc.com/teensy/td_libs_LiquidCrystal.html>> Acesso em 15 de jun de 2020.

# APêNDICE

## Código do dispositivo Transmissor

A partir da Figura 15 até a Figura 18, teremos imagens do código usado no dispositivo transmissor. Ele está comentado em linha de código e pode ser visto abaixo:

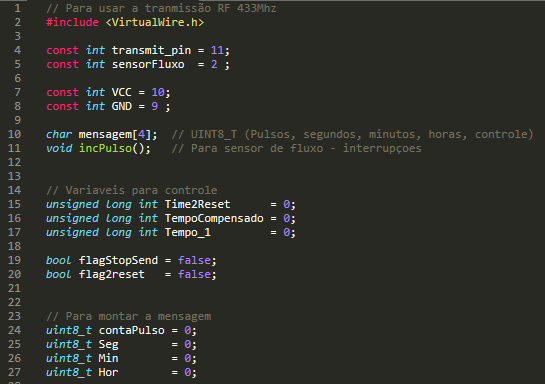


Figura : Código Dispositivo Transmissor – Cabeçalho

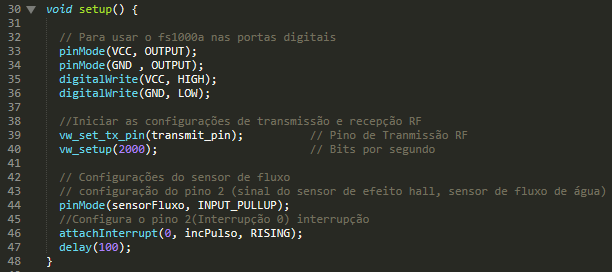


Figura : Código Dispositivo Transmissor - Função *setup*

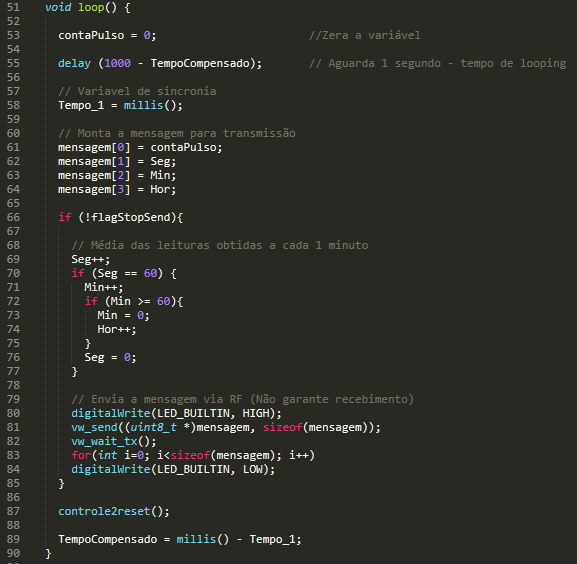


Figura : Código Dispositivo Transmissor - Função *Loop*

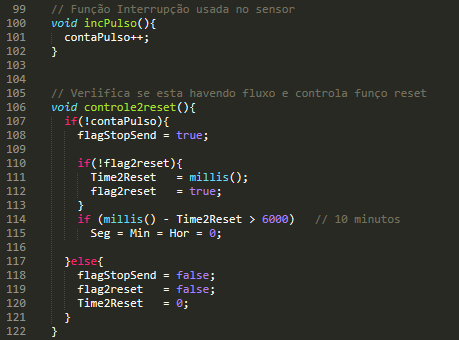


Figura : Código Dispositivo Transmissor - Função Controle para resetar

## Código do dispositivo Receptor

A partir da Figura 19 até a Figura 21, teremos imagens do código usado no dispositivo receptor. Ele está comentado em linha de código e pode ser visto abaixo:



Figura : Código Dispositivo Receptor – Cabeçalho

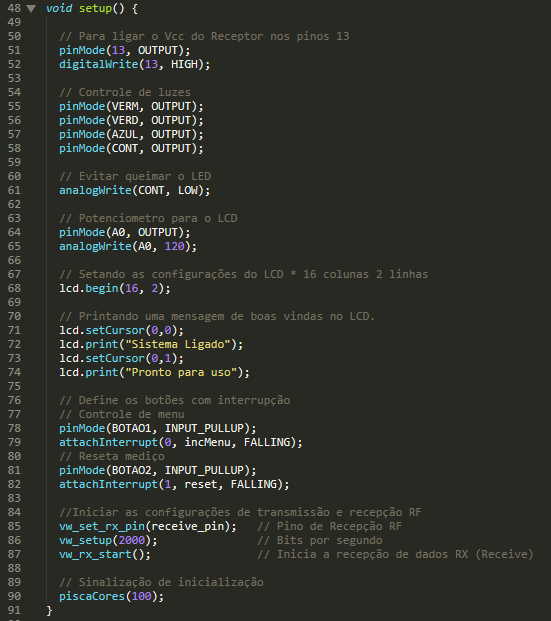


Figura : Código Dispositivo Receptor - Função *setup*

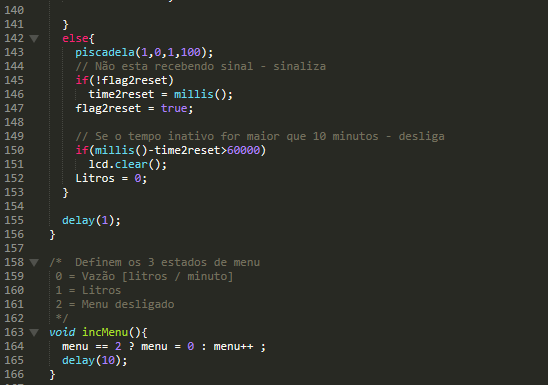
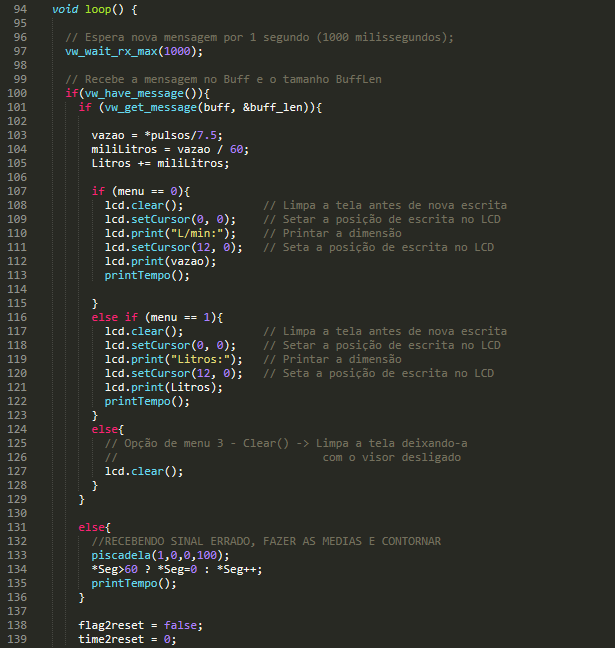


Figura : Código receptor - função *loop*

A Figura 22 mostra um exemplo de mensagem recebida pelo dispositivo receptor, a nível de protótipo.

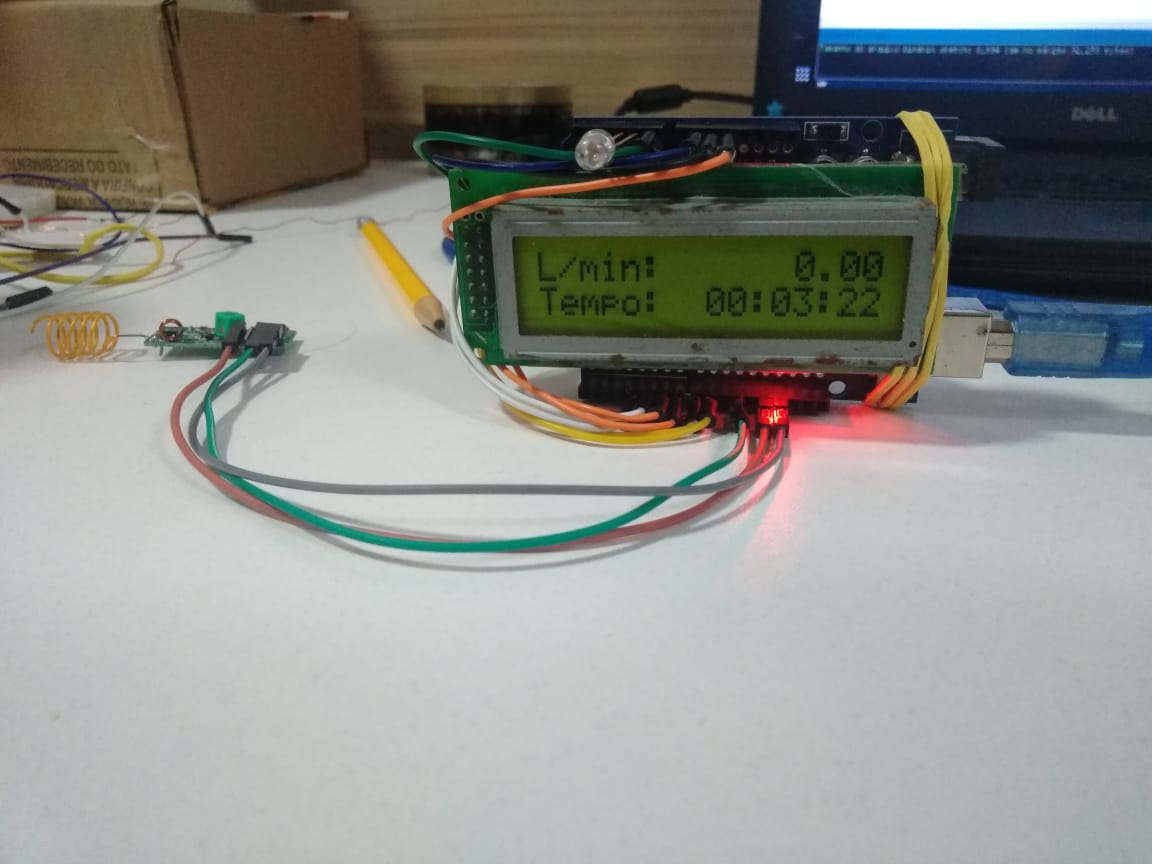


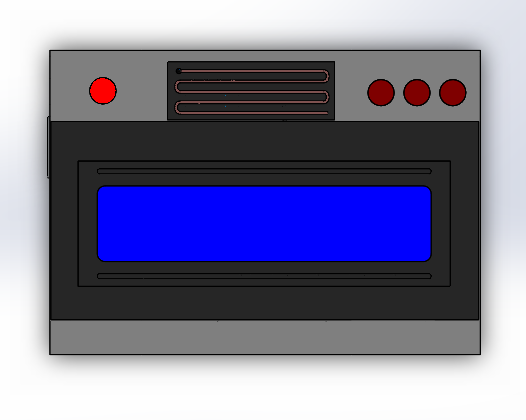
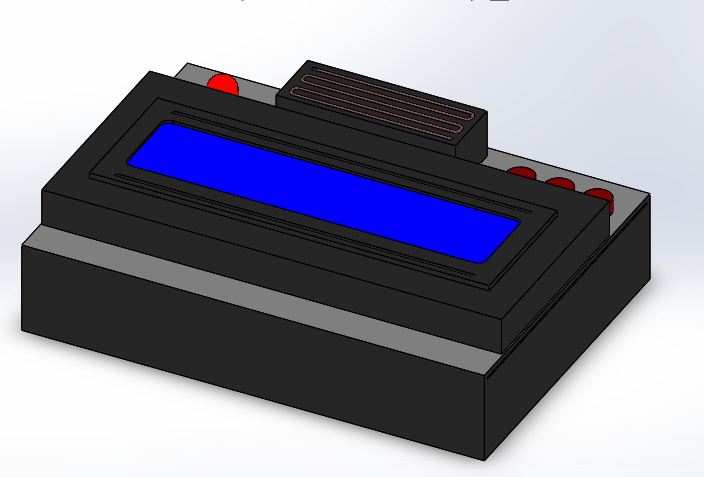
Figura : Mensagem do display

Os código completos podem ser acessados em: <https://github.com/iOsnaaente/Medicao-de-consumo-de-agua> e estão disponíveis para serrem replicados e adaptados em novos projetos.

## Modelagem 3D da carcaça do dispositivo Receptor

Nas Figuras 23 e 24 temos as vistas da modelagem da carcaça feita em *software* de modelagem 3D.

Figura : Modelagem - vista ortogonal e frontal



1

Figura : Modelagem - vista ortogonal esquerda e direita

