



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS – CAMPUS FORMIGA**

BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Gabriel Victor de Sousa Lopes

**SISTEMA MICROCONTROLADO PARA MONITORAMENTO REMOTO DE NÍVEL
EM RESERVATÓRIOS D'ÁGUA**

FORMIGA-MG

2018

Gabriel Victor de Sousa Lopes

**SISTEMA MICROCONTROLADO PARA MONITORAMENTO REMOTO DE NÍVEL
EM RESERVATÓRIOS D'ÁGUA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais- Campus Formiga, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador(a): Prof. Dr. Carlos Renato Borges dos Santos

FORMIGA-MG

2018

GABRIEL VICTOR DE SOUSA LOPES

**SISTEMA MICROCONTROLADO PARA MONITORAMENTO REMOTO DE NÍVEL
DE EM RESERVATÓRIOS D'ÁGUA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica
do Instituto Federal de Minas Gerais como
requisito para obtenção do Título de Bacharel
em Engenharia Elétrica.

Avaliado em: 19 de Novembro de 2018.

Nota: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Renato Borges dos Santos

Prof. Me. Efrem Ferreira

Prof. Dra. Ana Flávia Peixoto de Camargos

RESUMO

Devido à crise hídrica enfrentada hoje pela população brasileira, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema embarcado para realizar o monitoramento do nível da caixa de água das residências de forma remota. Para isto, foi utilizada a plataforma Arduino, com comunicação *Ethernet*, um sensor ultrassônico e um sensor de combustível. O sistema proposto deverá funcionar de forma permanente, e capaz de avisar aos moradores, qual o nível do seu reservatório. Dessa forma, pode-se evitar que os usuários sejam surpreendidos com a falta total de água nas residências, podendo-se, de forma consciente, realizar um controle sobre seu consumo. O monitoramento poderá ser realizado através de dispositivos móveis ou até mesmo pelo computador pessoal, sendo o escopo do projeto o desenvolvimento de tais plataformas de comunicação. Como os dados estarão hospedados em um banco de dados, inseridos automaticamente pelo Arduino por comunicação direta com a rede por meio do *shield ethernet*, evita-se problemas como distância entre sistema e usuário como é o caso de comunicação *bluetooth*, utilizada por outros sistemas já propostos.

Palavras-chave: Crise hídrica. Monitoramento de nível. Plataformas de comunicação. Arduino.

ABSTRACT

Due to water crisis through which Brazilian population is passing today, this paper proposes the development of an embedded system to carry out residences water level monitoring, remotely. For this purpose, Arduino platform was used with Ethernet communication, an ultrasonic sensor and a fuel sensor. The proposed system should operate permanently, and be able to warn residents what is the their water reservoir level. In this way, it is possible to avoid users to be surprised by the total lack of water in the residences, being able, in a conscious way, to control their consumption. Monitoring can be done through mobile devices or even by personal computers, the scope of the project is the development of such communication platforms. As data will be hosted in a database, inserted automatically by Arduino through direct communication with the network by ethernet shield, it will avoid problems such as distance between system and user as it happens with bluetooth communication, used by other systems already proposed.

Key words: Water crisis. Level monitoring. Communication Platforms. Arduino.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tipos de instrumentos para medição de nível (VIANNA, 2018).	16
Tabela 2: Especificações técnicas (ARDUINO, 2018).....	18
Tabela 3: Especificações técnicas sensor JSN-SR0T4-2.0 (JAHAN, 2018).	23
Tabela 4: Preço de investimento para adquirir o sistema de monitoramento de nível.	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Placa microcontrolada Arduino ATmega2560 (ARDUINO, 2018).	19
Figura 2: Pulsos ultrassônicos gerados pelo sensor (THOMSEN, 2018).	22
Figura 3: Zonas de detecção do sensor ultrassônico (SENSE, 2018).	23
Figura 4: Sensor de nível de combustível (TSA, 2018).	26
Figura 5: Sensor DS18B20 (MADEIRA, 2018).	27
Figura 6: Esquemático do tronco de cone utilizado (Adaptado de KHALED, 2018).	29
Figura 7: Janela principal do Android Studio (ANDROID, 2018).	31
Figura 8: Janela do editor de layouts (ANDROID Studio, 2018).	32
Figura 9: Palette de componentes disponíveis (ANDROID Studio, 2018).	33
Figura 10: Lista de componentes inseridos na tela da aplicação (ANDROID Studio, 2018).	34
Figura 11: Vista da coluna View no Android Studio (ANDROID Studio, 2018).	34
Figura 12: Principais atributos a serem definidos para o componente (ANDROID Studio, 2018).	35
Figura 13: Componentes básicos de um sistema de banco de dados (REZENDE, 2018).	39
Figura 14: Exemplo de diagrama entidade-relacionamento (REZENDE, 2018).	40
Figura 15: Exemplo de tabelas de um SGBD relacional (REZENDE, 2018).	41
Figura 16: Estrutura para acoplamento do sensor ultrassônico.	43
Figura 17: Situação do sensor após a condensação do vapor de água.	44
Figura 18: Divisor de tensão para utilização do sensor de combustível automotivo.	45
Figura 19: Disposição final do sensor de nível de combustível.	46
Figura 20: Fluxograma do sistema embarcado no microcontrolador.	47
Figura 21: Diagrama de entidade-relacionamento do banco de dados.	49
Figura 22: Tabela criada no banco de dados para armazenar os dados dos clientes.	51
Figura 23: Tabela criada no banco de dados para armazenar os dados das leituras.	51
Figura 24: Tela de login da aplicação mobile.	52
Figura 25: (a) Tela inicial de acesso para usuários administradores (b) Projeção vertical da tela de acesso de usuários administradores (c) Tela inicial de acesso para usuários padrões (d) Mensagem de alerta em casos onde seja detectada falha do sistema.	53
Figura 26: Tela destinada a indicação do nível atual do reservatório.	54
Figura 27: (a) Tela de indicação das leituras realizadas no período de 30 dias (b) Informações detalhadas da leitura selecionada.	55
Figura 28: (a) calendário para seleção da data desejada (b) Inserção de dados para filtragem em apenas uma data.	56
Figura 29: (a) Tela para seleção de data para plotagem gráfica (b) Gráfico gerado para leituras da data selecionada.	57

Figura 30: (a) Tela para alteração dos dados cadastrais do usuário (b) Rolagem vertical da tela apresentada na Figura (a).	58
Figura 31: Tela para alteração das dimensões do reservatório.	59
Figura 32: Tela para cadastro de usuários.	60
Figura 33: (a) Tela para apresentação de todos os usuários cadastrados (b) pop-up com informações de um usuário selecionado (c) Tela para alteração do cadastro de um usuário (d) Rolagem vertical da tela apresentada na Figura (c).	61
Figura 34: Mensagem apresentada na desativação das notificações de nível baixo.	62
Figura 35: Tela inicial do <i>website</i> desenvolvido.	63
Figura 36: Tela para apresentação da empresa.	64
Figura 37: Tela informativa sobre o produto oferecido.	64
Figura 38: Tela destinada para que usuários entrem em contato com os responsáveis.	65
Figura 39: Tela inicial após o <i>login</i> para administradores do sistema.	66
Figura 40: Tela inicial após o <i>login</i> para usuários padrões do sistema.	66
Figura 41: Tela para seleção de dados para plotagem gráfica.	67
Figura 42: Gráfico gerado para leituras diárias do usuário.	68
Figura 43: Gráfico gerado para um intervalo de tempo definido pelo usuário.	68
Figura 44: Gráfico gerado com as leituras dos últimos 30 dias.	69
Figura 45: Gráfico de leituras diárias do sistema de monitoramento.	71
Figura 46: Leituras diárias de nível e temperatura para três dias de análise.	72
Figura 47: Gráfico de correlação entre a temperatura e o nível do reservatório.	73
Figura 48: Análise comportamental do volume pela temperatura da água.	74
Figura 49: Relação da velocidade de propagação da onda ultrassônica pela temperatura.	74
Figura 50: Leituras do nível e temperatura do reservatório para análise de instabilidade.	75
Figura 51: Leituras diárias para o dia 28 de julho de 2018.	76
Figura 52: Leituras diárias após a adaptação para eliminação de interferências por condensação.	77
Figura 53: Leituras de nível para os dois sensores separadamente.	78
Figura 54: Leituras diárias após a adição do sensor de nível de combustível.	79
Figura 55: Análise das leituras dos sensores separados e do sistema final.	80

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Problema	12
1.2. Justificativa	12
1.3. Hipótese	13
2. OBJETIVOS	13
2.1. Objetivos gerais	13
2.2. Objetivos específicos	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1. Medições do nível de água	14
3.1.1 <i>Classificação e tipo de medidores de nível</i>	15
3.2. Microcontrolador (Arduino)	16
3.2.1 <i>Características básicas</i>	17
3.2.2 <i>Uso em aplicações no segmento da Internet das coisas</i>	19
3.3. Sensor ultrassônico	21
3.4. Velocidade de propagação das ondas	24
3.5. Sensor de combustível automotivo	25
3.6. Sensor de temperatura	26
3.7. Filtro de 1º ordem <i>low-pass</i>	28
3.8. <i>Cálculo do volume de caixas d'água</i>	28
3.9. <i>Software</i> Android Studio	30
3.9.1 <i>Interface do usuário</i>	31
3.9.2 <i>Layouts Android Studio</i>	32
3.9.3 <i>Estrutura lógica da aplicação</i>	35
3.10 <i>Websites</i>	36
3.10.1 <i>Linguagem de programação para web</i>	36
3.10.2 <i>Ambiente de desenvolvimento php</i>	38
3.11 Estrutura de banco de dados	38
4. MATERIAIS E MÉTODOS	42
4.1 Banco de dados	49

4.2	Aplicação de monitoramento <i>mobile</i>	51
4.3	<i>Website</i> para monitoramento <i>online</i>	62
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
5.1.	Testes iniciais com o sensor ultrassônico	70
5.2	Sistema final com redundância de sensores.....	77
5.3	Sistema de comunicação e apresentação de dados.....	80
5.4	Levantamento de custos do sistema de monitoramento de nível.....	81
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
7.	TRABALHOS FUTUROS	83
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84

1. INTRODUÇÃO

Segundo estatísticas, 70% do planeta é constituído de água, no entanto apenas 2,5% é de água doce e desse total 98% se encontra nos lençóis freáticos. Por isto mesmo que a terra seja constituída em sua maioria de água, a parcela que representa a água própria para consumo é muito pequena. Além disto, devido a mudanças no modo de vida das pessoas, a demanda diária deste recurso tem aumentado expressivamente. Conseqüentemente, muitas das vezes a quantidade de água necessária para suprir a demanda diária das indústrias, consumidores residenciais e da agricultura supera a disponibilidade deste recurso, principalmente em épocas de seca (OLIVEIRA; SANTOS; RODRIGUES, 2014).

Dentro do cenário mundial, o Brasil é o portador do maior recurso hídrico, visto que possui 12% das reservas de água doce do planeta, possuindo 53% dos recursos hídricos da América do Sul (MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES). No entanto este recurso não é igualmente distribuído, uma vez que a região que detém a maior parte das reservas hídricas brasileira é a região norte, que possui a menor densidade demográfica do país. Já no sudeste e nordeste está concentrada a maior parte da população brasileira e atividades industriais, possuindo poucas reservas hídricas, sendo estas regiões as mais afetadas pela crise hídrica no Brasil (MAGALHÃES, 2018).

A crise hídrica não só brasileira, mas também em nível mundial, tem como precursor o crescimento do consumo de água, a industrialização, a expansão da agricultura e as mudanças climáticas, o que tem comprometido o equilíbrio entre oferta e demanda de água potável. Esse desequilíbrio hídrico tem resultado em baixos níveis dos reservatórios tanto para o suprimento público como o industrial (LANNA, 2018).

No Brasil, a falta de água se acentuou a partir de 2014, afetando principalmente a região sudeste, sendo o sistema Cantareira, em São Paulo, o mais afetado pela crise. Pois nesta ocasião, para que o abastecimento dos mais de 9 milhões de consumidores atendidos não fosse interrompido completamente, foi

necessário utilizar o chamado “ volume morto”, que se encontra abaixo do nível das comportas (MAGALHÃES, 2018).

Além do estado de São Paulo, mencionado acima, os reservatórios dos estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais também atingiram níveis alarmantes. Levando várias cidades a situações extremas, como por exemplo a cidade de Formiga/MG, em que os níveis de água na barragem atingiram níveis insuficientes para o abastecimento da cidade, sendo esta obrigada a decretar estado de calamidade pública no ano de 2014 (SILVA, 2018).

De forma a contornar tal situação, várias medidas vêm sendo tomadas onde a principal delas é a conscientização da população a fim de evitar desperdícios. No entanto, ainda hoje não existe uma forma eficaz de monitoramento dos níveis de água, de forma que o usuário tenha plena consciência da quantidade de água disponível para o seu uso, a fim de que possa gerenciar tal recurso. O uso de sistemas microcontrolados tem possibilitado a implantação de sistemas para monitoramento acessíveis para os usuários. Entretanto, para que estes sejam eficientes, é necessário que o sistema seja capaz de apresentar as informações de forma remota.

Além do controle remoto, aplicações do segmento da Internet das Coisas (IoT) já são utilizadas atualmente, havendo ainda uma previsão de aumento nos próximos anos. O conceito de IoT vai além da simples conexão dos dispositivos à rede mundial de computadores, o que implica na evolução dos dispositivos (JAVED, 2017). Desta forma os usuários são capazes de acessar remotamente os dados informados pelo sistema, obtendo informações reais do nível do seu reservatório. A partir das ferramentas adequadas, é possível acessar dispositivos em qualquer rede, através de *desktops*, *smartphones* ou *tablets*, bastando apenas que exista conexão destes dispositivos com a Internet.

Devido às condições hídricas que o país tem enfrentado, o presente trabalho propõe o desenvolvimento e implementação de um sistema microcontrolado de monitoramento remoto de nível de água de reservatórios residenciais, por meio do uso da *Internet*. Permitindo que os usuários possam obter o nível atual e as demais leituras realizadas anteriormente no reservatório, a fim de auxiliar no controle do consumo da residência.

1.1. Problema

No decorrer dos últimos 60 anos, a população mundial duplicou. Durante o mesmo período, o consumo pelas diferentes atividades humanas aumentou sete vezes ao passo que a disponibilidade de água existente permaneceu constante. Além disto, a degradação dos recursos hídricos vem se agravando pelo seu uso excessivo, devido a diversificação das atividades agrícolas e industriais e também pela intensificação das atividades nas bacias hidrográficas combinados ao desperdício e a poluição dos mananciais (WHATELY; BLAETH; WEIS, 2018). O uso inconsciente da população também tem contribuindo, pois esta só se atenta para a economia de tal recurso na ocorrência da falta total de água em seu reservatório, causando um grande desconforto para os usuários, por se tratar de um recurso essencial à vida. O que ocorre devido ao fato dos usuários não possuírem uma forma eficiente de monitoramento do nível do seu reservatório, impedindo a realização de um controle mais rigoroso durante os períodos onde o reservatório se encontra em níveis baixos.

1.2. Justificativa

No ano de 2014 o Brasil enfrentou uma grave crise hídrica, período em que várias regiões brasileiras foram atingidas, sendo a região sudeste a mais afetada. Naquele ano, vários reservatórios atingiram o nível morto, interrompendo o abastecimento em várias cidades. Desde então têm ocorrido situações semelhantes nas épocas de seca, quando os reservatórios apresentam níveis inferiores aos esperados. A cidade de Formiga/MG (onde o trabalho foi desenvolvido) viu-se obrigada, no ano de 2014, a decretar estado calamidade pública e desde então tem sofrido com a falta de água no período de estiagem (SILVA, 2018).

Devido à situação atual da cidade de Formiga/MG, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema microcontrolado, a fim de realizar o monitoramento do nível dos reservatórios de água das residências, informando aos moradores remotamente o nível dos mesmos. Sendo assim através do uso do sistema, os usuários poderão estar cientes sobre a quantidade de água disponível, prevendo com antecedência a sua falta.

1.3. Hipótese

Ao identificar os problemas existentes hoje durante as épocas de seca, uma solução pode ser apresentada, não para eliminar a falta de água, mas para conscientizar o usuário do sistema sobre a situação atual do seu reservatório. Dessa forma, o sistema permite que o usuário possa tomar providências como, por exemplo: reduzir o tempo do banho, adiar a limpeza de veículos e calçadas, etc. Isso pode ser realizado em casos onde a quantidade de água disponível em seu reservatório se encontre em níveis baixos, evitando que este seja surpreendido pela falta total de água.

2. OBJETIVOS

Este capítulo irá tratar dos objetivos do presente trabalho de conclusão de curso assim como as principais metas a serem alcançadas e especificar o propósito do trabalho.

2.1. Objetivos gerais

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo geral aperfeiçoar o sistema de monitoramento remoto do nível de água de reservatórios residenciais, desenvolvido como trabalho de conclusão de curso por OLIVEIRA (2015). Terá também como objetivo implementar um sistema que não sofra interferências devido a exposição a umidade e possibilite o acesso às informações remotamente dependendo apenas do acesso a *Internet*.

É importante ressaltar que o objetivo deste trabalho não é amenizar a falta de água nas residências, mais sim propor um sistema de monitoramento de nível de água que informe ao usuário a quantidade de água ainda disponível para o uso, para que este faça o controle do uso de tal recurso.

2.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Elaborar programação da plataforma Arduino para receber os dados dos sensores, bem como, transmitir os dados para o banco de dados através de uma comunicação *Ethernet*;
- Implementar redundância de sensores, aumentando a segurança dos dados fornecidos;
- Desenvolver um aplicativo para *smartphones* Android através do *software* Android Studio;
- Desenvolver uma página *Web* para controle e apresentação dos dados;
- Elaborar uma estrutura de banco de dados para armazenar os dados coletados;

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo é destinado a um breve estudo sobre os itens que foram necessários para o desenvolvimento do presente trabalho. Abordando de forma sucinta os assuntos: medições de nível de água, microcontrolador em especial o Arduino, sensor ultrassônico, sensor de nível de combustível, sensor de temperatura, filtros de sinais elétricos, velocidade de propagação das ondas sonoras, *software* para desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis Android Studio, conceito básico sobre *websites* e suas linguagens e a estrutura de banco de dados.

3.1. Medições do nível de água

Em decorrência da necessidade que o ser humano tem em relação aos recursos hídricos e a crescente preocupação ambiental, houve uma evolução no planejamento e racionamento da utilização de tal recurso. Por se tratar de um recurso natural que em alguns casos pode já ser considerado como não renovável, uma vez que a taxa de regeneração não está mais sendo suficiente para suprir a taxa de consumo.

O conceito de medição de nível é utilizado como forma de controle sobre o consumo e monitoramento dos recursos hídricos, que embora possua um conceito simples, requer em muitos casos artifícios e técnicas apuradas para determinação de tal variável. Uma forma simples de definir o nível é dizer que o mesmo se trata da altura do conteúdo de um reservatório, de tal forma que o conteúdo pode ser sólido ou líquido. Embora seu conceito seja simples, o nível é uma variável extremamente importante na indústria, não somente para a operação do próprio processo, mas para a realização de estimativas de custo, controle de estoques e segurança em casos onde exista um limite máximo do produto a ser armazenado (VIANNA, 2018).

Os sistemas de medição de nível hoje presentes nas indústrias apresentam diferentes níveis de complexidade que variam desde um simples visor para leituras locais até indicações remotas, registro ou controle automático, onde cada vez mais são exigidos dos sistemas de medição uma maior exatidão, confiabilidade e segurança, resultando em um sistema mais eficiente (VIANNA, 2018). Existe, hoje, uma grande variedade de sistemas de medição de nível, que utilizam diferentes métodos de medição, sendo alguns destes métodos e tipos de medidores abordados a seguir.

3.1.1 Classificação e tipo de medidores de nível

Atualmente existem três métodos básicos para a medição de nível, sendo eles:

- Direto;
- Indireto;
- Descontínuo.

O método direto é aquele em que se realiza a aferição da distância entre o nível superior da substância medida e o referencial adotado, sendo este comumente o fundo do tanque ou caixa de armazenamento. Para este tipo de medição utilizam-se réguas ou gabaritos, visores de nível, bóia ou flutuadores (VIANNA, 2018).

Por outro lado, o método indireto faz a estimativa do nível por meio de outras grandezas físicas a ele relacionadas, como pressão (manômetros de tubo U,

borbulhado, diafragma, células de pressão diferencial, etc.), empuxo, radiação e propriedades elétricas (sensores capacitivos, ultrassônicos) (VIANNA, 2018).

Já a medição descontínua é utilizada apenas quando se deseja a indicação de certos pontos, como em condições de monitoramento de nível alto e baixo (VIANNA, 2018).

Os sensores utilizados para o desenvolvimento do sistema aqui proposto pode ser classificado como sendo de medição indireta, uma vez que um deles utiliza o tempo gasto para que onda ultrassônica emitida seja refletida pela substância para definir a distância que o sensor está até a água, e o outro faz a leitura de um sinal variável de tensão entre 0 a 5 V devido à variação da resistência do sensor de acordo com o nível de água. Além destes tipos de sensores existem alguns outros capazes de fornecer a leitura de nível, como pode se visto na Tabela 1, onde cada um destes possui um princípio de funcionamento, por isso podem ser empregados para as mais diversas situações.

Tabela 1: Tipos de instrumentos para medição de nível (VIANNA, 2018).

MEDIÇÃO DIRETA	MEDIÇÃO INDIRETA
<ul style="list-style-type: none"> - Réguas ou Gabaritos - Visores de Nível - Bóia ou Flutuador 	<ul style="list-style-type: none"> - Displace (empuxo) - Pressão diferencial (diafragma) - Borbulhador - Capacitância eletrostática - Ultra-sônico - Por pesagem - Por raio gama

3.2. Microcontrolador (Arduino)

O Arduino assim como vários outros tipos de microcontroladores são dispositivos capazes de realizar o controle de ações ou fazer as leituras de dados fornecidos pelos hardwares a ele associado. Sendo isto possível pela implementação de *softwares* que controlam o processamento e as entradas/saídas (I/O) do mesmo.

Pelo fato de possuir uma interface de desenvolvimento integrado (IDE) de fácil utilização, o Arduino tem sido empregado para diversas finalidades. O mesmo permite que usuários pouco experientes sejam capazes de desenvolver projetos com a plataforma. E também se mostra flexível o suficiente para que usuários experientes a utilize. Outra vantagem perante outros controladores é que sua IDE pode ser executada em sistemas operacionais *Mac Os*, *Windows* e *Linux*, facilitando o desenvolvimento de aplicações através da plataforma (ARDUINO, 2018).

Diferente de outros microcontroladores disponíveis no mercado, o Arduino é uma plataforma aberta de prototipagem eletrônica. Criado em 2005 pelo italiano Massimo Banzi (e outros colaboradores), com intuito de desenvolver uma ferramenta flexível e de fácil acesso. A plataforma é composta por um *hardware* (plataforma controladora) e um *software* (ambiente de desenvolvimento) que é executado em computadores para que a programação da mesma possa ser feita. O *upload*, do *firmware* desenvolvido, para a placa de prototipagem é realizado por meio de uma comunicação serial (SOUZA, 2018).

Por se tratar de uma plataforma programável baseada em microcontroladores, ela é empregada em diversos casos, pois permite a reutilização do *hardware* para o desenvolvimento de aplicações distintas, sendo necessário apenas que uma nova programação seja efetuada. Esta programação é feita através da IDE, do próprio Arduino, utilizando uma linguagem de programação própria baseada na linguagem C e C++ que permite a criação de *sketches* para as placas, sendo esta ainda simplificada por meio de bibliotecas dedicadas a certas aplicações (SOUZA, 2018).

Em suma, a plataforma Arduino pode ser considerada como uma unidade de processamento programável, capaz de realizar a leitura de variáveis do ambiente externo por meio de sensores analógicos ou digitais, conectados a suas entradas (I/O), sendo capaz também de realizar o controle ou acionamento de outro elemento eletroeletrônico caso seja necessário (RENNA, 2013).

3.2.1 Características básicas

A plataforma Arduino apresenta várias versões de *hardware* com diferentes preços e pinagens, sendo cada uma delas mais adequada de acordo com a sua

aplicação. Para o presente trabalho, optou-se pela utilização do Arduino ATmega 2560, devido a quantidade expressiva de entradas/saídas (I/O), memória disponível e taxa de processamento de dados satisfatória. A Tabela 2 apresenta as especificações técnicas para a plataforma selecionada, de acordo com especificações do fabricante.

Tabela 2: Especificações técnicas (ARDUINO, 2018).

Microcontrolador	ATmega2560
Tensão Operacional	5 V
Tensão de entrada (recomendada)	7-12 V
Tensão de entrada (limite)	6-20 V
Pinos Digitais (I/O)	54 (dos quais 15 oferecem saída PWM)
Pinos de entrada analógica	16
Corrente DC por pino de E/S	20 mA
Corrente DC por pino 3.3V	50 mA
Memória <i>Flash</i>	256 KB dos quais 8 KB usados pelo <i>bootloader</i>
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Frequência de <i>clock</i>	16 megahertz

A Figura 1 mostra a placa do Arduino ATmega2560 utilizada para o desenvolvimento do sistema de monitoramento remoto proposto pelo presente trabalho, onde é possível visualizar a pinagem descrita pela Tabela 2.

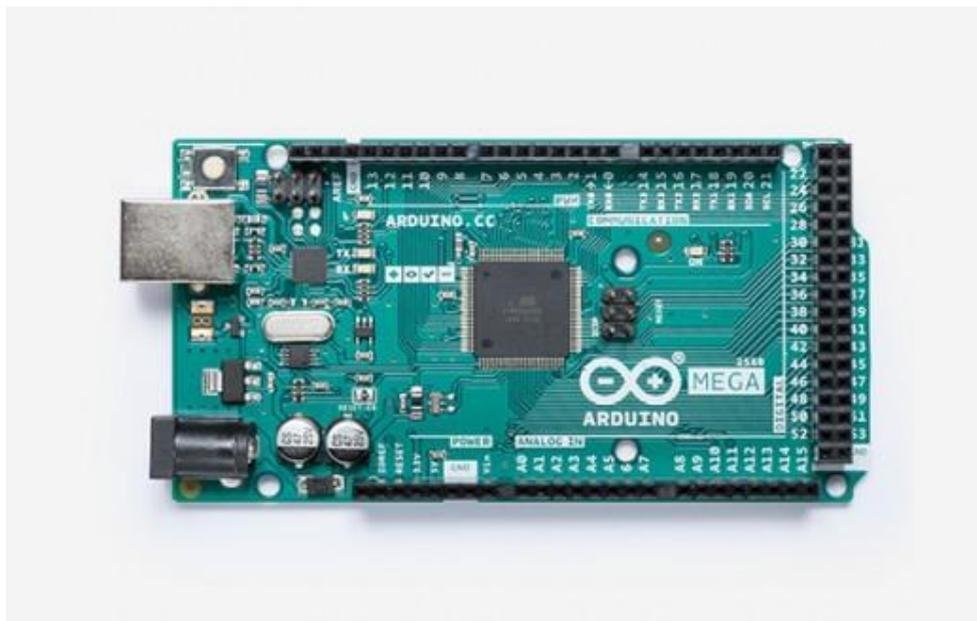


Figura 1: Placa microcontrolada Arduino ATmega2560 (ARDUINO, 2018).

Nesta versão do Arduino a memória *flash* possui um *bootloader* salvo que permite o *upload* de um novo *firmware* sem a necessidade do uso de um programador de *hardware* externo, pois a comunicação é realizada por meio do protocolo STK500. Como em alguns casos a alimentação também é feita pela porta USB, a plataforma possui um *polyfuse* reajustável que realiza a proteção da porta USB contra curto-circuito e sobrecorrentes, desconectando o Arduino caso estas aconteçam (ARDUINO, 2018).

Além da alimentação via cabo serial (USB) a mesma pode ser realizada por meio de uma fonte externa de 6 a 20 Volts. No entanto, uma alimentação inferior a 7 Volts pode tornar a placa instável, uma vez que o pino de 5V da mesma pode fornecer menos do que a tensão esperada. Porém, caso se utilize uma alimentação superior a 12V, o regulador de tensão poderá superaquecer danificando a placa. Logo se recomenda para esta versão uma alimentação entre 7 e 12 Volts (ARDUINO, 2018).

3.2.2 Uso em aplicações no segmento da Internet das coisas

Analistas preveem que até o ano de 2020 haverá mais de 50 bilhões de dispositivos conectados e a receita total do segmento da Internet das coisas (IoT)

superará a marca de US\$ 1,5 trilhão. O conceito de IoT vai além da simples conexão dos dispositivos à rede mundial de computadores, pois esta implica na evolução dos dispositivos, que serão capazes de detectar, se comunicar e responder automaticamente, por meio de sensores e conexão com a rede (JAVED, 2017).

Todos os dispositivos IoT necessitam de um mecanismo que possibilite a sua comunicação enviando ou recebendo dados. Dentre as várias opções disponíveis para conectar os dispositivos à Internet, pode-se utilizar opções com e sem fio, *Bluetooth*, redes de celular e muito mais. Isso depende da escala e tamanho da rede em que a aplicação será executada, bem como da quantidade de dados a serem processados e localização física do dispositivo (JAVED, 2017).

Pelo fato de cada placa do Arduino possuir especificações diferentes entre as versões disponíveis, algumas vezes é preciso adequar a sua placa de acordo com os recursos necessários, por isso existe a opção da adição de *Shields* ou módulos que darão suporte a tais recursos. Dentro do ambiente do Arduino, um *shield* é semelhante a uma placa, porém suporta apenas uma funcionalidade específica, como a capacidade de se comunicar com uma rede *Ethernet* (JAVED, 2017).

Para a conexão com a Internet, as versões comumente usadas como o Arduino Uno ou o ATmega, necessitam do uso de *Shields ethernet* ou Wi-Fi ou mesmo módulos disponíveis para esta função. Mas para que a comunicação possa ser feita, bibliotecas externas devem ser incluídas no *firmware* desenvolvido, como é o caso da biblioteca <Ethernet.h> e a biblioteca <Wifi.h> (JAVED, 2017).

Após a conexão do Arduino com a Internet, para que o dispositivo seja capaz de enviar e receber dados, faz-se necessário o uso de um protocolo de comunicação. Tendo estes protocolos um formato estruturado e acordado, usado para comunicação em rede, onde estes definem o que deve ser enviado e recebido e as ações a serem tomadas. Dois destes protocolos empregados em aplicações de comunicação com a rede é o HTTP e MQTT (JAVED, 2017).

O protocolo HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*, ou Protocolo de transferência de Hipertexto) é utilizado como protocolo básico da Internet. Este suporta diversos métodos de transmissão de dados, sendo os mais populares o *GET* e o *POST*. Ambos executam as mesmas tarefas, no entanto o método *GET* possui

um limite em relação à quantidade de dados que consegue transmitir em comparação com o método *POST*, que não possui tal limitação. O método *POST* também possui a vantagem de ser mais seguro em comparação ao *GET*, devido à forma com que ocorre a transmissão dos dados (JAVED, 2017).

Por outro lado o protocolo MQTT, é um protocolo leve de máquina a máquina. Ele segue o modelo de “publicar-assinar”, no qual o publicador envia os dados para um servidor (conhecido como *broker*) e o *broker* realiza a notificação de todos os assinantes sobre dados relevantes publicados usando o conceito de tópicos. Os publicadores e assinantes podem ser sensores, máquinas e aplicativos, que não precisam de uma conexão direta entre si, mas apenas a conexão com o *broker*, o que torna essa comunicação assíncrona (JAVED, 2017).

3.3. Sensor ultrassônico

Os sensores de proximidade ultrassônicos podem ser utilizados em diversas áreas da indústria, ou em aplicações onde a detecção dos objetos deve ser feita sem contato físico entre ambas as partes. Sendo muito utilizados devido à sua precisão e confiabilidade, pelo fato de serem capazes de detectar objetos de cores, texturas e formas diferentes (SENSE, 2018).

O princípio de funcionamento dos sensores ultrassônicos é baseado na emissão de uma onda sonora de alta frequência, normalmente na faixa de 40 KHz, e na medição do intervalo de tempo entre o impulso sonoro emitido e o *echo* recebido. Sendo o sinal de *echo* produzido apenas quando um objeto capaz de refletir som entra na área de detecção do sensor (SENSE, 2018).

Normalmente, o sensor emite um pulso (*trigger*) de aproximadamente 10 μ s, indicando o início da transmissão de dados. Depois disso ele envia ciclicamente pulsos ultrassônicos esperando em nível alto até que um sinal seja retornado. Apenas quando um objeto reflete os pulsos emitidos, o *echo* é recebido e convertido em um sinal elétrico. Onde através do tempo em que o *echo* permaneceu em nível alto é realizado o cálculo da distância que o objeto está em relação ao sensor, por meio da Equação 1. A Figura 2 ilustra o processo de emissão dos pulsos ultrassônicos (THOMSEN, 2018).

$$\text{Distância} = (\text{Tempo de echo em nível alto} * \text{Velocidade do som}) / 2 \quad (1)$$

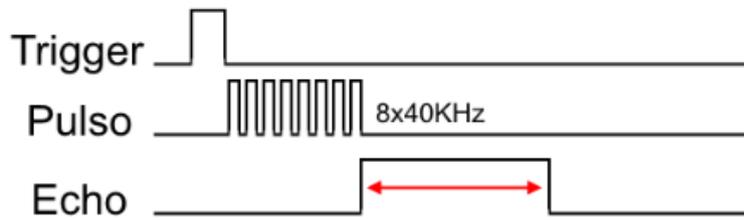


Figura 2: Pulsos ultrassônicos gerados pelo sensor (THOMSEN, 2018).

Devido à construção do sensor, o feixe ultrassônico é emitido em forma de um cone onde somente objetos dentro do raio deste são detectados. Objetos estes que podem se encontrar em estados sólidos, líquidos, granulares ou pós. Podendo ser transparentes ou coloridos, de qualquer tamanho e forma (SENSE, 2018).

Porém os sensores ultrassônicos possuem zonas específicas que devem ser levadas em consideração para o seu uso. Pela Figura 3, é possível visualizar uma área verde que indica a faixa de operação típica do sensor. Em contrapartida temos a área roxa que indica a maior área de detecção que o sensor é capaz de gerar. E por último, temos a zona morta do sensor que determina a menor distância de detecção, sendo esta de suma importância para a escolha do sensor, visto que objetos que se encontrem na zona morta podem levar a medições incorretas, deixando o sistema inconfiável.

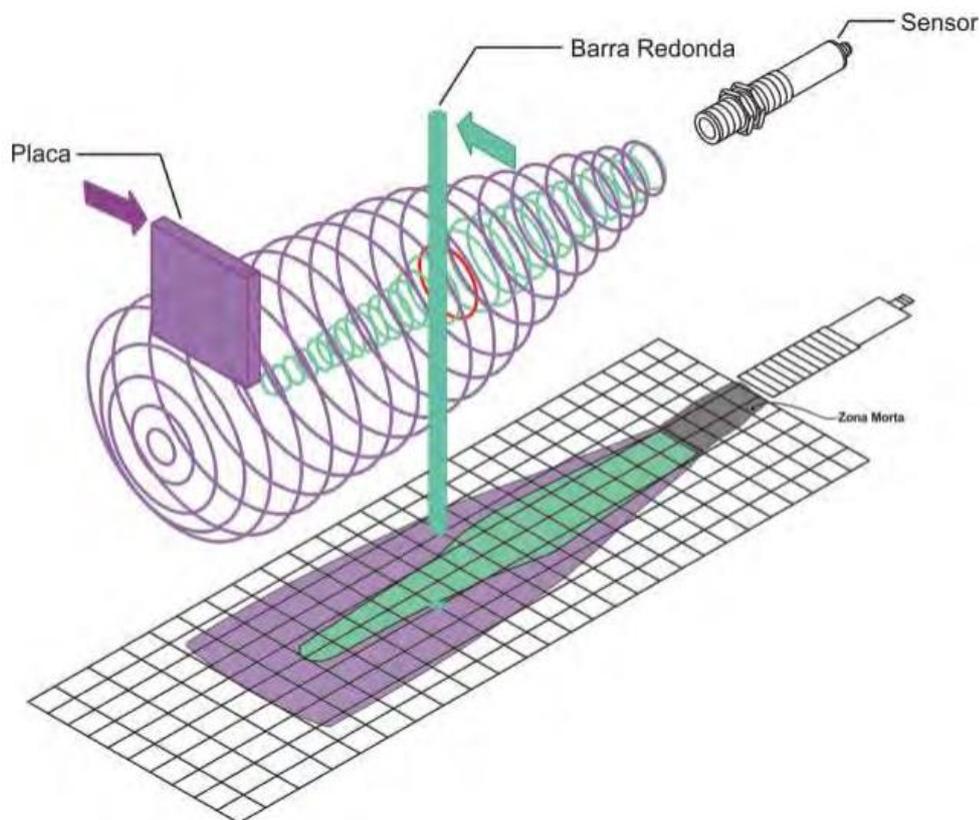


Figura 3: Zonas de detecção do sensor ultrassônico (SENSE, 2018).

Para o presente trabalho optou-se pelo uso do sensor ultrassônico JSN-SR04-2.0, que possui as características acima citadas, com uma precisão de 2 mm da distância medida para a distância real. Devido ao fato que o sensor estará exposto à condição de umidade elevada, este foi escolhido por ser a prova de água evitando que a longo prazo esta exposição danifique ou interfira nas leituras realizadas. Porém, ele apresenta a desvantagem de possuir uma zona morta de 20 cm, o que impede seu uso para detecção de objetos com distâncias inferiores a esta. Na Tabela 3 pode-se ver as especificações técnicas para este sensor (JAHAN, 2018).

Tabela 3: Especificações técnicas sensor JSN-SR04-2.0 (JAHAN, 2018).

	Saída de Largura de pulso/ Saída serial
Tensão operacional	DC de 3.0-5.5V
Corrente de alimentação	Abaixo de 8 mA
Frequência de sonda	40 KHz

Maior alcance	600 cm
Menor alcance	20 cm
Precisão de distância	± 1 mm
Resolução	1 mm
Ângulo de medição	75°
Pulso de <i>trigger</i>	1,10 μ s antes do pulso TTL
Saída do sinal de <i>echo</i>	Sinal de nível de largura de pulso ou TTL
Conexões	3.3-5.5 V (alimentação) Trig (RX) RX Echo (Saída) TX GND
Temperatura de operação	-20°C até +70°C

3.4. Velocidade de propagação das ondas

Ondas com frequências distintas se propagam devido a vibrações causadas nas partículas presentes no meio, sendo que este movimento possui uma certa velocidade. Ondas sonoras podem se propagar em diversos meios, mas no ar sua velocidade de propagação depende de alguns fatores como a temperatura, pressão atmosférica, densidade e umidade do meio, apesar de que a umidade possui um efeito insignificante na variação da velocidade podendo ocasionar um aumento de apenas 0,1 a 0,6% (ASCENSÃO, 2018).

Já a temperatura é um fator muito importante a ser analisado, visto que quanto maior a temperatura do ar, maior é a agitação das suas moléculas. Este aumento da agitação das moléculas favorece a propagação das ondas, e assim, quanto mais agitadas as moléculas estiverem, maior será a velocidade de propagação da onda, transmitindo um pulso em um menor tempo (ASCENSÃO, 2018).

Por meio de vários estudos, físicos estimam que a velocidade de propagação da onda sonora se comporta conforme a Equação 2, para um intervalo de -30°C a 30°C, onde a velocidade resultante V é estimada em m/s e a temperatura t em graus Celsius (ASCENSÃO, 2018).

$$V = 331,4 + 0,607 * t \quad (2)$$

3.5. Sensor de combustível automotivo

A boia de tanque de combustível, ou como também é conhecido sensor de nível, é um indicador importante e indispensável para qualquer veículo. Pois é através dele que se realiza a medição do nível do combustível existente no tanque do veículo, onde este envia um sinal a ser interpretado pelo veículo e transmitido para um indicador, deixando assim o condutor ciente da quantidade de combustível disponível para uso, o que evita paradas não planejadas do veículo.

O sensor é formado basicamente por três componentes principais como pode se ver na Figura 4, sendo elas listadas abaixo:

- Boia: feita em material plástico, fazendo com que a mesma flutue em contato com o combustível utilizado, devido a sua menor densidade.
- Potenciômetro: uma resistência elétrica (feita com filme ou fio resistivo enrolado), que possui um contato deslizante sobre a mesma, a fim de indicar a quantidade de combustível restante no tanque.
- Haste metálica: feita em aço, com a função de transferir o movimento da bóia para o contato deslizante do potenciômetro.



Figura 4: Sensor de nível de combustível (TSA, 2018).

Seu princípio de funcionamento é de fácil compreensão, por se tratar de uma resistência variável que sofre variações de acordo com a altura que a bóia se encontra. Na ocorrência de algum deslocamento, seu contato deslizante sobre o filme resistivo também se move resultando em uma nova resistência a ser lida pelo veículo. Entretanto, este tipo de sensor possui uma baixa precisão, devido à sua utilização e seu custo, visto que o seu intuito é apenas fornecer uma informação aproximada dando ao condutor uma ideia da situação do seu tanque.

3.6. Sensor de temperatura

A medição de temperatura é de grande importância para que equipamentos ou processos possam funcionar sob condições adequadas de temperatura. Assim, existem hoje no mercado diversos tipos de sensores como termistores, que basicamente se tratam de semicondutores eletrônicos cuja resistência elétrica varia conforme a temperatura, ou ainda termopares, termorresistores, eletrônicos ou pirômetros (CARNEIRO,2018).

Todos estes tipos de sensores são considerados transdutores, pelo fato da necessidade de transformar uma grandeza física, no caso a temperatura, num sinal elétrico, podendo ser corrente ou tensão. O sinal resultante se trata de um sinal analógico que deve ser interpretado pelo Arduino ou outro microcontrolador, a fim de realizar a conversão para as unidades de medidas convencionais.

No entanto, o sensor DS18B20 produzido pela *Dallas Instruments*, adotado para o sistema proposto pelo presente trabalho, possui integrado ao sensor um conversor analógico digital (A/D) e uma memória onde são armazenados os dados convertidos. Assim, ele é capaz de fornecer diretamente para o microcontrolador o valor da temperatura lida em graus *Celsius*, por meio do protocolo de comunicação *One Wire*. Devido a este fato, o tempo de processamento do microcontrolador é otimizado, uma vez que o sensor realiza esta conversão em apenas 750 ms (MADEIRA, 2018).

O sensor DS18B20 é capaz de operar na faixa de -55°C à $+125^{\circ}\text{C}$, no entanto possui uma precisão de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ quando utilizado no intervalo de -10°C a 85°C . Devido a esse fato, este se mostra uma boa ferramenta para o sistema aqui proposto, pois as temperaturas estarão dentro da faixa de melhor precisão, fornecendo maior confiabilidade para o sistema. Outro fato que viabiliza seu uso é o seu encapsulamento em forma de sonda, como pode ser visto na Figura 5, que permite o uso do sensor em ambientes de alta umidade ou até mesmo submerso na água (MADEIRA, 2018).



Figura 5: Sensor DS18B20 (MADEIRA, 2018).

3.7. Filtro de 1º ordem *low-pass*

O filtro de 1º ordem *low-pass*, é utilizado a fim de bloquear sinais de alta frequência. Fazendo com que o filtro seja amplamente utilizado para filtragem de ruído, visto que comumente o sinal a ser medido se encontra em baixa frequência e os ruídos normalmente são de alta frequência (KIM,2010).

Durante a coleta dos dados muitas aplicações ao invés de utilizar tal filtro, apenas realizam a média ponderada dos dados. Porém, na ocorrência de variações abruptas a média sofre alterações se desviando do valor real, o que não é desejado para a aplicação aqui proposta. Já com o uso do filtro de 1º ordem *low-pass*, tais alterações indesejadas são minimizadas, visto que este utiliza uma Equação recursiva, como apresentado na Equação 3, para ponderar os resultados. Pois assim, mesmo que ocorram variações abruptas, estas contribuirão apenas com uma baixa porcentagem no resultado final (KIM,2010).

$$\bar{X}_k = \alpha \bar{X}_{k-1} + (1 - \alpha)X_k \quad (3)$$

A variável α é uma constante definida dentro do intervalo de $0 < \alpha < 1$, que representa o grau de contribuição da nova leitura para aquela já realizada anteriormente. A partir disso, fica claro que o filtro *low-pass* é um filtro que atribui ponderação menor, para que os novos dados não interfiram de maneira expressiva nos dados já obtidos. Graças a essa ponderação diferencial, o filtro *low-pass* é capaz de realizar a filtragem tanto de ruído quanto de variações repentinas, sendo melhor que a realização da simples média dos valores (KIM,2010).

Devido às características de tal filtro, ele se mostra eficiente para a aplicação aqui proposta, pois evitará que variações momentâneas de níveis do reservatório e da temperatura interfiram significativamente nas leituras dos sensores.

3.8. Cálculo do volume de caixas d'água

Devido à geometria das caixas d'água de fibra normalmente utilizadas nas residências, a aferição do volume de água que está retida em seu interior por meio de sensores é de difícil realização, por se tratar de uma forma geométrica não convencional. Entretanto, algumas aproximações podem ser realizadas, pelo fato de

algumas características coincidirem com as de algumas formas geométricas conhecidas.

Uma boa aproximação a ser feita neste caso é modelar a caixa d'água como sendo um tronco de cone, conforme mostrado na Figura 6. Pois em ambos os casos, os recipientes apresentam um raio inferior menor que o raio superior, se diferenciando apenas na parte lateral, uma vez que a caixa possui pequenas deformações que não ocorrem no tronco de cone. Porém, as influências causadas pelas deformações no volume podem ser desconsideradas por serem muito baixas, o que valida o uso de tal aproximação para determinar o volume de água dentro da caixa.

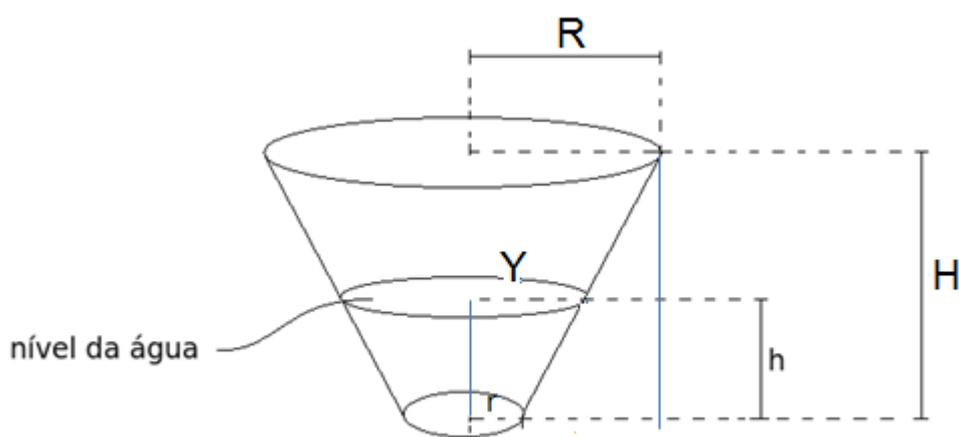


Figura 6: Esquemático do tronco de cone utilizado (Adaptado de KHALED, 2018).

A fim de se determinar o volume do tronco de cone, são considerados pequenos cilindros de alturas diferenciais no interior do recipiente, com raios variáveis conforme a reta formada para lateral da figura geométrica. Assim, através da Equação 4, é possível estimar o volume diferencial do cilindro considerando uma variação arbitrária da altura como d_x .

$$d_v = \pi * Y^2 d_x \quad (4)$$

O raio Y varia conforme a altura do tronco de cone ao longo de uma reta, com início no ponto $(0, r)$ e fim no ponto (H, R) . Senso necessário estimar a equação da reta lateral indicada pela Equação 5. A partir disto, o volume pode ser definido pela Equação 6, onde é feita a integração do volume diferencial, indicado pela Equação 4, do cilindro ao longo de toda a reta tornando a aproximação ainda mais precisa.

$$Y = \frac{R - r}{h} * x + r \quad (5)$$

$$V = \int_0^h \pi * \left(\frac{R - r}{h} * x + r \right)^2 dx \quad (6)$$

Pela resolução da Equação 6, o volume da caixa d'água é determinado pela Equação 7, onde para tal cálculo basta que ambos os raios sejam definidos assim como o nível de água dentro do reservatório, indicado pela variável h na equação.

$$V = \frac{1}{3} \frac{\pi * h}{(R - r)} (R^3 - r^3) \quad (7)$$

3.9. Software Android Studio

Atualmente devido aos avanços tecnológicos, houve uma grande evolução das tecnologias presentes nos dispositivos móveis, *Smartphones*. Tais dispositivos contam com sistemas capazes de realizar um controle eficaz do seu *hardware*, sendo o *Android* um dos mais utilizados hoje para tal finalidade. Este sistema de controle permite o uso de vários aplicativos com diversas finalidades, por isso desenvolvedores contam com várias ferramentas de desenvolvimento de aplicações *mobile*, como exemplo temos a ferramenta *Android Studio*, fornecida gratuitamente pela empresa Google (PIMENTA, 2018).

Para o desenvolvimento da aplicação *mobile* utilizada no presente trabalho, foi escolhida a ferramenta *Android Studio 3.1*, por ser gratuita e que possibilita a utilização da ferramenta *Play Store*, disponibilizado pela Google para publicação dos aplicativos. A ferramenta *Android Studio* é um Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) baseado no IntelliJ IDEA (ANDROID, 2018), tendo sua primeira versão lançada no ano de 2013, com a primeira versão estável apenas no final de 2014 (AS, 2018).

Cada projeto no *Android Studio* conta com no mínimo dois arquivos de código-fonte sendo um arquivo *xml*, para a construção das interfaces gráficas da aplicação, e um outro arquivo *Java*, para definir as ações associadas aos componentes da interface e também a construção lógica do funcionamento da aplicação. Para a realização dos testes de funcionamento da aplicação é possível se

fazer o uso do emulador interno da plataforma, denominado *Virtual Device*, ou através de *Smartphones*, por meio da depuração USB (ROMANATO, 2018).

3.9.1 Interface do usuário

O *Android Studio* possui uma interface com usuário composta por diversas áreas lógicas de forma a facilitar o desenvolvimento das aplicações, como se pode ver na Figura 7 (ANDROID, 2018).

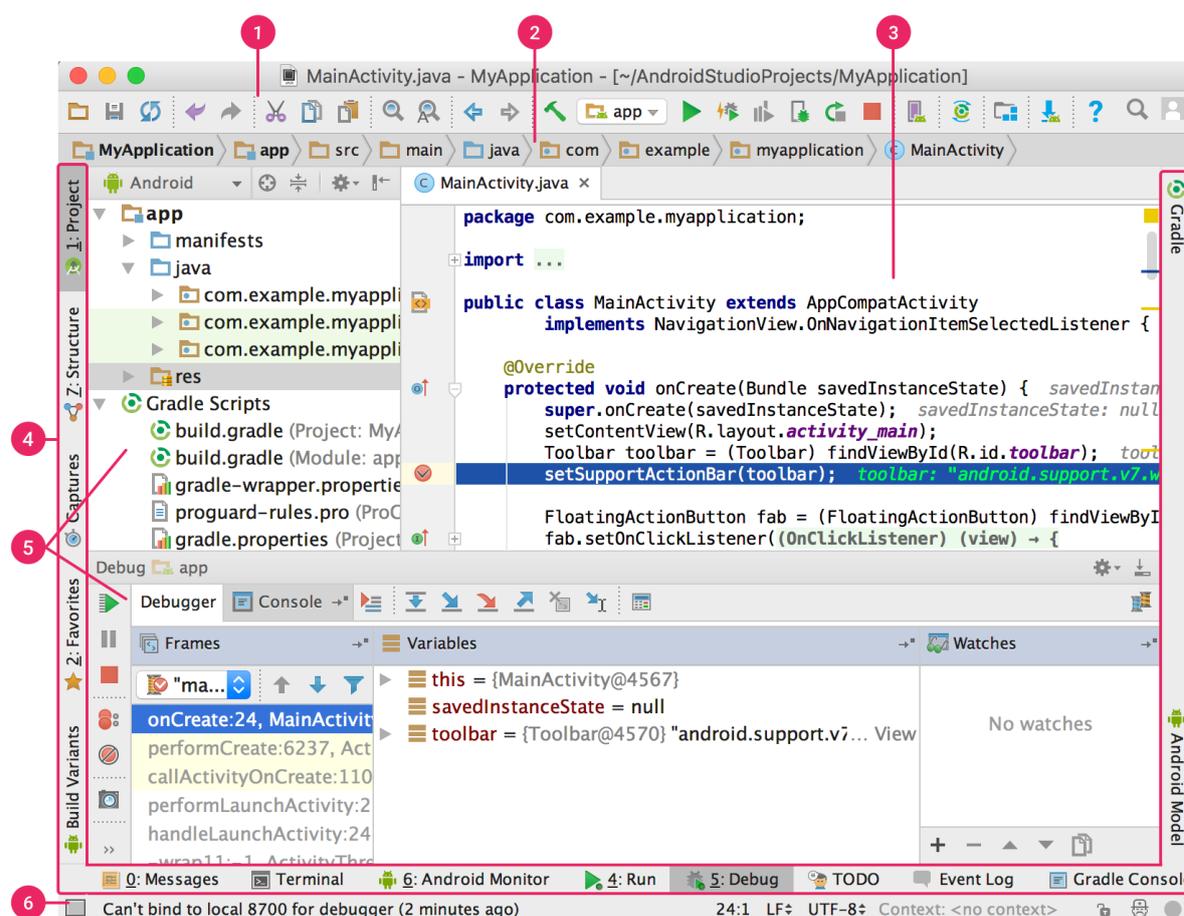


Figura 7: Janela principal do Android Studio (ANDROID, 2018).

Onde as áreas assinaladas na Figura 7, indicam respectivamente:

- 1- A **barra de ferramentas** permite que o usuário possa executar diversas ações (ANDROID, 2018).
- 2- A **barra de navegação** auxilia o projetista na navegação pelo conteúdo do projeto e na abertura de arquivos para edição (ANDROID, 2018).

- 3- A **janela do editor** depende do tipo de arquivo que está sendo editado, pois este se pode alterar de acordo com o tipo de arquivo que está sendo exposto. Nesta área realiza-se então a criação ou modificação dos códigos (ANDROID, 2018).
- 4- A **barra de janela de ferramentas** permite a expansão e recolhimento da janela referente à ferramenta selecionada (ANDROID, 2018).
- 5- A **janela das ferramentas** é a janela dedicada para realizar o acesso de tarefas como gerenciamento de projetos, busca, controle de versão entre outras. (ANDROID, 2018).
- 6- A **barra de status** é utilizada para informar o projetista sobre o status atual da aplicação que está sendo criada ou testada no IDE (ANDROID, 2018).

3.9.2 Layouts Android Studio

Todas as telas desenvolvidas para uma aplicação possuem um *layout* projetado de acordo com suas funcionalidades. Quando selecionado o arquivo de extensão xml, a janela do editor, mostrado anteriormente na Figura 7, se altera de forma a possibilitar a inserção dos componentes como mostra a Figura 8. Assim é possível realizar a construção do *layout* desejado para a respectiva Tela.

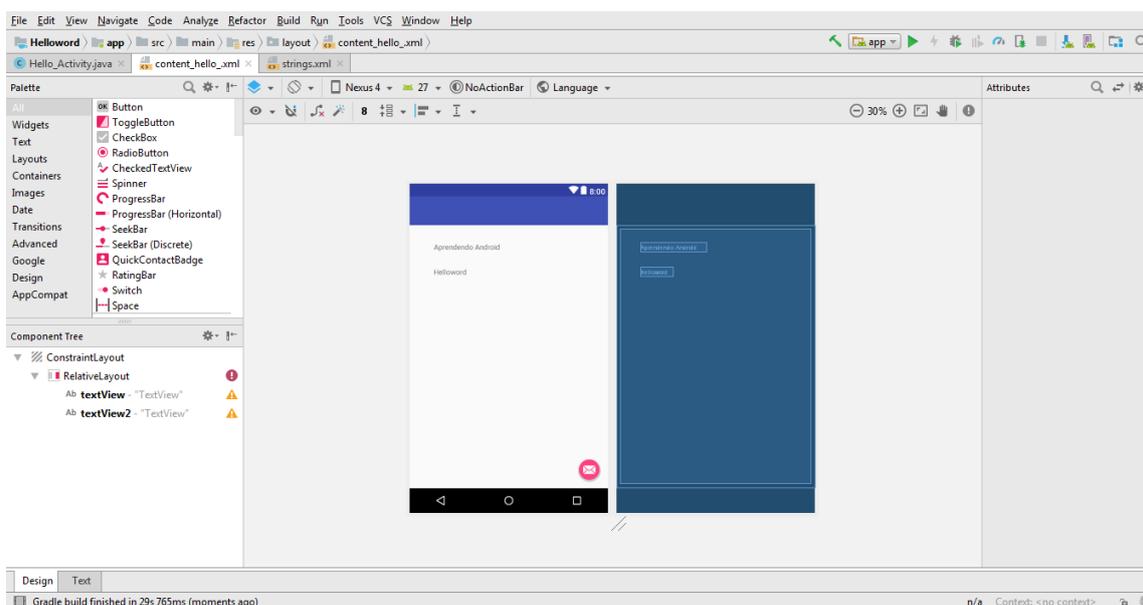


Figura 8: Janela do editor de layouts (ANDROID Studio, 2018).

Nesta janela as telas dos aplicativos são desenhadas, sendo possível realizar a inserção e posicionamento de componentes como botões, imagens, caixas de texto, *checkboxes* entre outros componentes disponíveis. Para executar tais tarefas, o usuário conta com quatro colunas: *Palette*, *Componente Tree*, *View* e *Attributes*, distribuídas da forma apresentada pela Figura 8.

A Figura 9 ilustra parte da coluna *Palette*, onde nesta está presente os principais componentes disponíveis para o uso nas aplicações, sendo a mesma dividida em seções de acordo com a funcionalidade dos componentes de forma a facilitar o acesso do usuário. Para o uso dos componentes basta que o usuário clique sobre o componente desejado e o arraste para a tela do aplicativo apresentada na *view*, habilitando o uso do componente para aquela tela da aplicação.

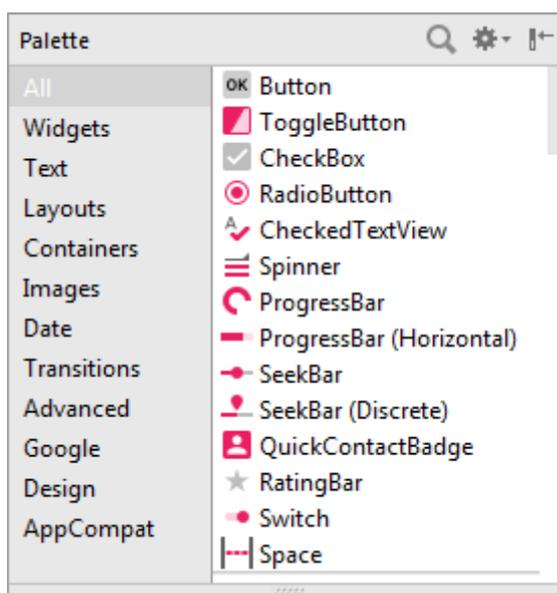


Figura 9: Palette de componentes disponíveis (ANDROID Studio, 2018).

Os componentes inseridos na *View* através do *Palette* são listados na coluna *Componente Tree*, como apresentado na Figura 10. Desta forma todos os componentes visíveis ou não na aplicação ficam ordenados facilitando a seleção dos mesmos pelo usuário. Quando selecionados pode-se realizar a renomeação dos componentes para que sua identificação possa ser feita de maneira mais intuitiva.

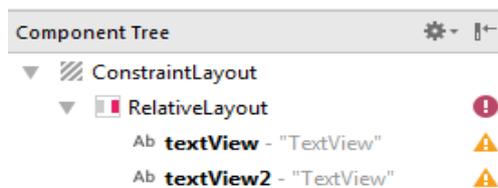


Figura 10: Lista de componentes inseridos na tela da aplicação (ANDROID Studio, 2018).

Como descrito acima, todos os componentes selecionados pelo desenvolvedor para comporem a tela da aplicação são apresentados na coluna *View*, como se pode ver na Figura 11. Desta forma o desenvolvedor pode posicionar e dimensionar os componentes da maneira desejada visualizando a tela que estará disponível para os usuários do aplicativo, tendo assim um controle total do *layout* final da tela projetada sem a necessidade de repetitivas simulações economizando tempo do desenvolvedor e processamento da máquina.

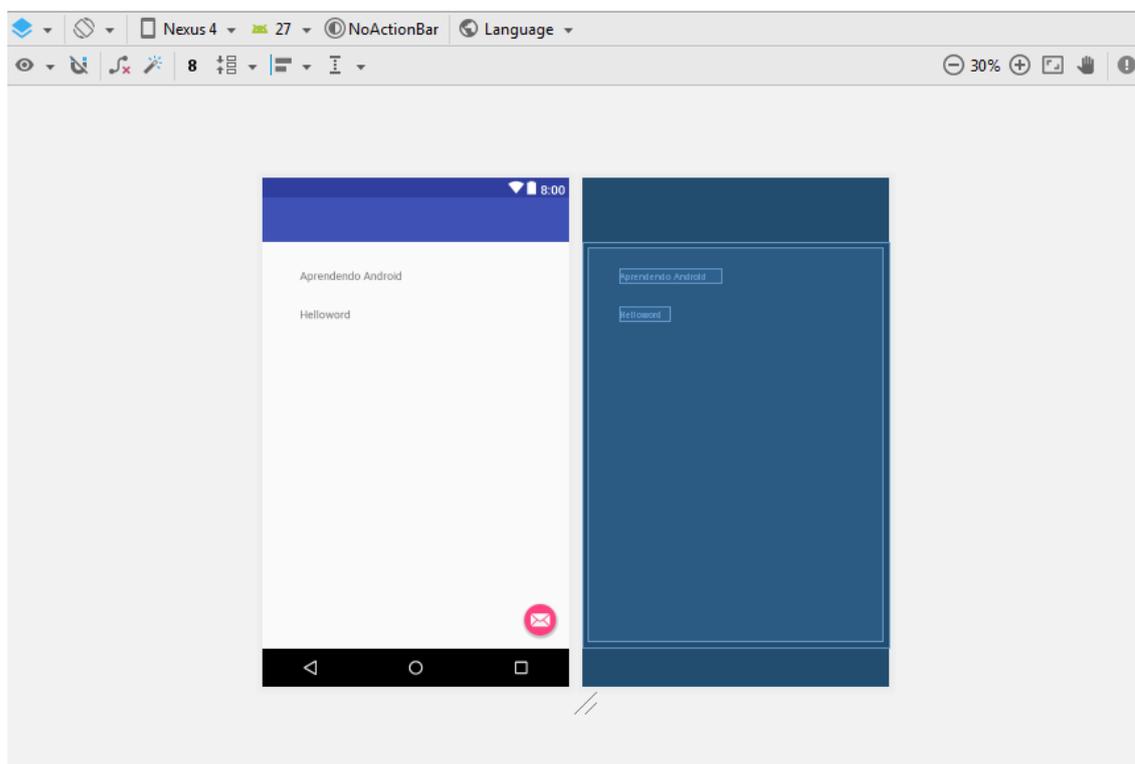


Figura 11: Vista da coluna View no Android Studio (ANDROID Studio, 2018).

Já a Figura 12 ilustra uma parte da coluna de *Attributes*, que estão presentes as principais características de cada um dos componentes. Para que sejam apresentados os atributos do componente desejado, basta que o mesmo seja selecionado, assim pode-se alterar a largura e altura dos objetos, posição, nome, conteúdos de texto, cores entre outras propriedades do mesmo. Sendo estas aplicadas instantaneamente na tela *View*, o que permite que se tenha ideia do impacto das alterações realizadas para o respectivo *layout*.

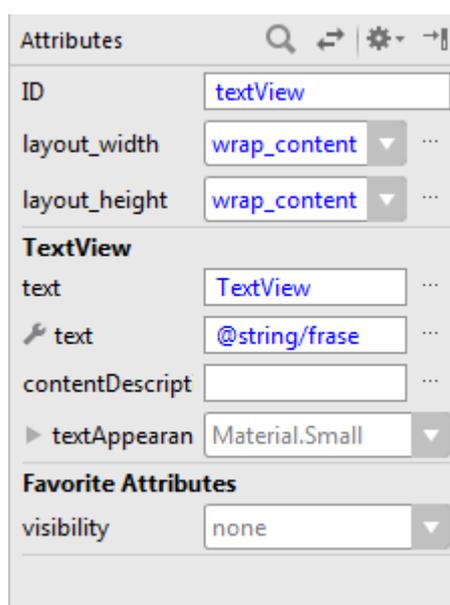


Figura 12: Principais atributos a serem definidos para o componente (ANDROID Studio, 2018).

Todas as interfaces de interação citadas acima são utilizadas para facilitar a construção dos *layouts* para que pessoas que não tenham total domínio do *software* possam realizar a construção dos mesmos. Entretanto, a ferramenta *Android Studio* permite que os *layouts* das telas da aplicação sejam desenvolvidos através de programação direta, por meio de códigos pré-estabelecidos pela plataforma, não sendo necessário assim o processo de seleção, posicionamento e configuração dos componentes por meio da interface.

3.9.3 Estrutura lógica da aplicação

Após a construção dos *layouts* da aplicação faz-se necessário à atribuição de funções a cada um dos componentes inseridos, para isso o *Android Studio* se baseia na linguagem *Java*. (CORDEIRO, 2018).

O uso desta linguagem de programação proporciona aos desenvolvedores uma ampla área para a utilização dos aplicativos, pelo fato de ser uma linguagem orientada a objeto baseada em modelagem de objetos e na comunicação entre eles. Ela permite a criação e manipulação de objetos para realizar as mais variadas ações na aplicação (CORDEIRO, 2018).

Aplicações desenvolvidas através desta ferramenta permite a comunicação local ou por meio da rede mundial de comunicação (*Internet*) entre os aplicativos e outros dispositivos. Isso possibilita o uso de estruturas de bancos de dados, como a estrutura MySQL, ou comunicação entre máquinas, utilizando o protocolo MQTT. Devido a este fato, a utilização desta ferramenta como várias outras disponíveis atualmente permite a comunicação em tempo real sem limitação de distância entre a aplicação e dispositivos controlados por ela (JAVED, 2017).

3.10 Websites

No mundo atual uma das principais ferramentas utilizadas é a rede mundial de computadores, denominada *Internet*. Por meio deste meio de comunicação as pessoas realizam pesquisas, compras, comunicam com outras pessoas, como meio de entretenimento, dentre outras coisas. Mas para que estas atividades possam ser executadas faz-se necessário a existência de uma interface de comunicação denominada *websites*, termo utilizado para fazer referência “a uma página ou a um agrupamento de páginas relacionadas entre si, acessíveis na internet através de um determinado endereço...” (PADILHA; CABRAL, 2018).

Assim como outras plataformas relacionadas a tecnologias de informação, os *websites* são construídos a partir de uma linguagem de programação de forma a executar as suas principais funções. Dentre as várias linguagens empregadas no mundo da *web* se destacam hoje a linguagem PHP, HTML e CSS.

3.10.1 Linguagem de programação para web

O PHP foi criado por volta de 1964 por Rasmus Lerdorf, para uso pessoal. Entretanto em meados de 1995 ele começou a se difundir para o uso de outras

peças, passando a ser chamado de *Personal Home Page Tools/FI (Form Interpreter)*, assim passou a fornecer suporte a novos recursos, como exemplo a estrutura de banco de dados *MySQL* (ARROYO; SANTOS, 2002).

Hoje é conhecido como *Hypertext Preprocessor* sendo a linguagem de programação *web* mais utilizada, devido a sua capacidade de interagir com o mundo *web* fazendo com que os *websites* deixem de ser estáticos. Permitindo que os projetistas usufruam de artifícios desta linguagem para deixar o *website* dinâmico e de fácil manipulação uma vez que o trabalho manual diminui drasticamente (NIEDERAUER, 2018).

Outra grande vantagem do PHP é que é gratuitamente distribuído e é um *software* de código-fonte aberto, facilitando o aprendizado e a manipulação de projetos desenvolvidos pelo mesmo (NIEDERAUER, 2018). No entanto é uma linguagem de criação de *scripts* embutida em HTML no servidor, devido ao fato de possuir pouca relação com o *layout*, eventos ou qualquer coisa relacionada a estruturas visuais, por isto um usuário final tem acesso apenas ao HTML da página (DACC, 2018).

Diferente de outras linguagens o código PHP é executado no servidor, gerando um HTML para então enviar os resultados para o navegador apresentando-os assim para o cliente, não consumindo processamento da máquina do solicitante dos serviços (Copyright, 2018). Apresenta também suporte aos principais servidores *web*, como o servidor *Apache* (o mais utilizado no mundo), além de suportar conexão com estruturas de banco de dados muito utilizadas hoje como o *MySQL*, *PostgreSQL*, *Oracle* e *DB2* (ARROYO; SANTOS, 2002).

Como já mencionado acima para o funcionamento de uma página *web* faz-se necessário uma interface de comunicação com os usuários, feita através de *layouts* construídos por meio de HTMLs e CSS. A terminologia HTML é usada para abreviação para a expressão *Hypertext Markup Language*, que se trata de uma linguagem de marcação usando etiquetas para descrição da página *web*, onde códigos delimitam conteúdos específicos, de acordo com sua sintaxe própria (PACIEVITCH, 2018).

Já o CSS (*Cascading SyleSheets*) é uma tecnologia padronizada pela W3C, que não é parte do HTML padrão mais sim um conjunto de novos comandos que auxiliam no controle sobre o *layout* e gerenciamento do *site*. Desta forma o uso do CSS permite ao desenvolvedor a modificação da estrutura visual do *site* possibilitando alterações nos atributos tipográficos como tamanho e cor das fontes, cor de fundo, dimensionamento de imagens e demais estruturas empregadas na *home page*, deixando assim uma estrutura mais agradável visualmente (PEOPLE, 2018).

3.10.2 Ambiente de desenvolvimento php

Dentre os vários ambientes de desenvolvimento de páginas *web* utilizando a linguagem PHP, o mais popular dentre eles é XAMPP. Formado por pacotes que incluem os principais servidores de desenvolvimento de código aberto, incluindo o FTP, banco de dados MySQL e Apache com suporte as linguagens PHP e Perl. No entanto este se trata e uma plataforma desenvolvida para fornecer servidores de teste sem compilação, não sendo recomendado para uso como servidor público ou de produção (HIGA, 2018).

3.11 Estrutura de banco de dados

Por definição sabe-se que um banco de dados “*é uma coleção de dados inter-relacionados, representando informações sobre um domínio específico*” (REZENDE, 2018). Por isso é utilizado praticamente em todas as aplicações computacionais disponíveis hoje no mercado, pois as mesmas necessitam que suas informações sejam armazenadas de forma organizada e de fácil acesso.

Para que isso aconteça faz-se necessário o uso de um *software* para realizar o gerenciamento dos dados armazenados, conhecido como SGBD, onde estes têm a capacidade de manipular as informações do banco de dados de forma a interagir com o usuário (REZENDE, 2018). Como é o caso do MySQL, utilizado para o gerenciamento dos dados do presente projeto, que é um dos mais empregados atualmente para as bases de dados em execução, visto que é um SGBD de código aberto.

Um sistema de banco de dados pode ser conceituado por um conjunto de quatro componentes básicos, sendo eles os dados a serem armazenados, o *hardware* ou servidor onde os dados serão fisicamente armazenados, *software* ou SGBDs e os usuários, como mostra a ilustração da Figura 13. Desta forma, o sistema de banco de dados consegue fornecer uma independência dos dados em relação à aplicação isolando os usuários dos detalhes internos. Assim, desta forma apenas as informações solicitadas são informadas aos mesmos (REZENDE, 2018).

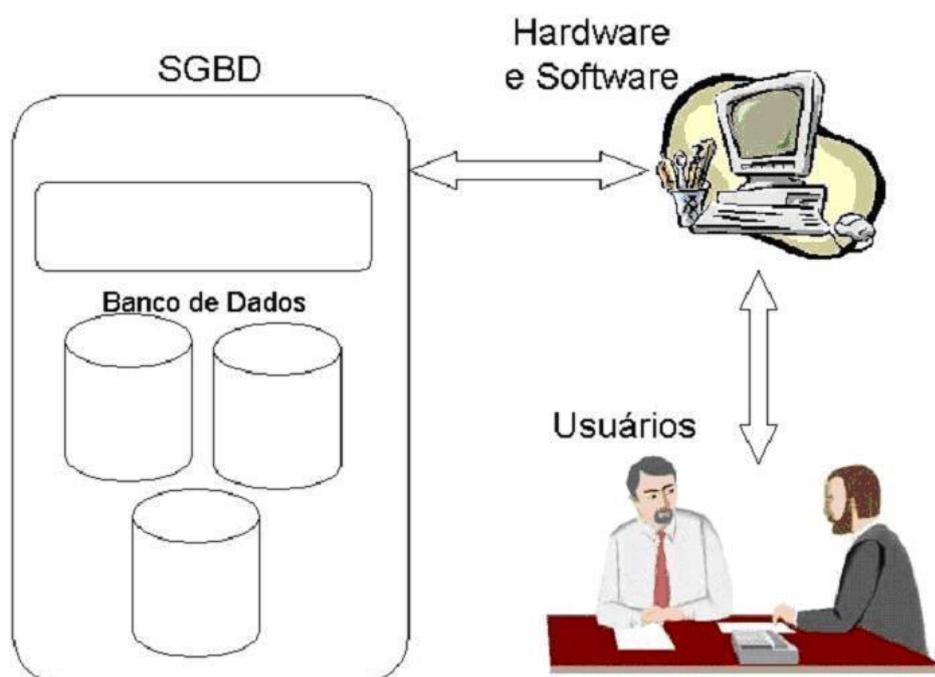


Figura 13: Componentes básicos de um sistema de banco de dados (REZENDE, 2018).

No projeto de um banco de dados deve-se priorizar a organização das informações e a utilização de técnicas de forma que o sistema possua um bom desempenho e facilite a operação e manutenção do mesmo. Este projeto é desenvolvido em duas etapas principais a modelagem conceitual e o modelo lógico (REZENDE, 2018).

O modelo conceitual se trata da descrição do banco independente do SGBD ou de como será feita sua implementação. Assim, através dos diagramas entidade-relacionamento (ER) é possível se ter uma visão geral de como deverá ser estruturado o banco e quais campos e tabelas deverão ser criados para o armazenamento dos dados desejados para a aplicação. A Figura 14 ilustra uma aplicação onde se deseja cadastrar os dados pessoais dos alunos como matrícula,

nome e endereço relacionando-os com suas respectivas turmas que serão distinguidas através do seu código, sala e período (REZENDE, 2018).

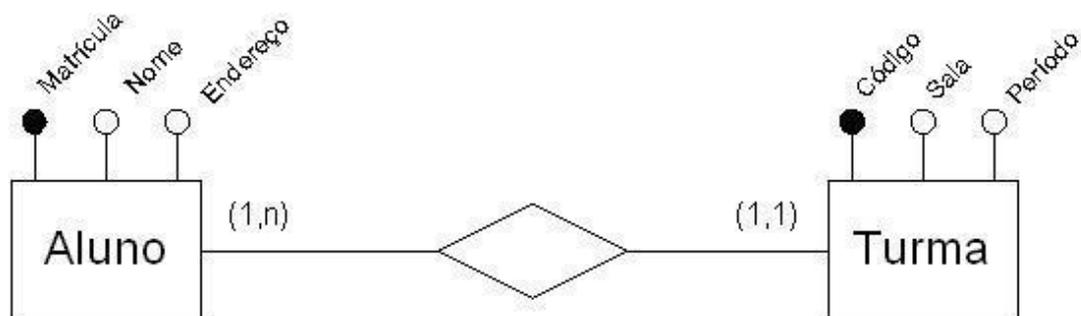


Figura 14: Exemplo de diagrama entidade-relacionamento (REZENDE, 2018).

Ao contrário do modelo conceitual, o modelo lógico descreve o banco de dados no nível do SGBD, o qual pode ser relacional, orientado a objeto, hierárquico entre outros. Os mais difundidos atualmente são os relacionais, onde nestes os dados são organizados em tabelas como mostra o exemplo da Figura 15. Neste tipo de banco de dados é necessário se definir quais as tabelas e o nome das colunas que compõem as mesmas, de forma a identificar com precisão os dados requeridos pelo usuário (REZENDE, 2018).

Aluno		
Mat_aluno	Nome	Endereço
1	Cecília Ortiz Rezende	Rua dos Ipês, 37
2	Abílio José Dias	Av. Presidente Jânio Quadros
3	Renata Oliveira Fran- co	Rua Nove de Julho, 45

Turma		
Cod_turma	Sala	Período
1	8	Manhã
2	5	Noite

Figura 15: Exemplo de tabelas de um SGBD relacional (REZENDE, 2018).

Nos SGBD relacionais ocorrem dois tipos de chaves (identificadores) distintas. As chaves primárias são utilizadas para distinguir cada uma das linhas adicionadas no banco de dados, as quais não se permitem valores repetidos ou nulos para este campo. Assim, a identificação da linha pode ser feita de maneira mais eficiente e rápida eliminando a possibilidade de conflitos no acesso dos dados (MACÊDO, 2018).

Existem também as chaves estrangeiras, que tem o intuito de fazer o relacionamento de dados entre tabelas distintas, como é o caso do exemplo citado acima, onde existe a necessidade de relacionar o aluno com sua turma correspondente. Com o uso de tais chaves torna-se possível a realização de cruzamento de dados, facilitando consultas e alterações nos dados das tabelas, em casos onde o usuário solicite dados de tabelas distintos mais relacionados entre si (MACÊDO, 2018).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são apresentados os materiais utilizados e as principais etapas de desenvolvimento do sistema de análise remota do nível de água dos reservatórios residenciais. Este Sistema tem como intuito aprimorar o sistema proposto anteriormente como trabalho de conclusão de curso por OLIVEIRA (2015), uma vez que o mesmo apresentava uma limitação de distância entre o reservatório e a ferramenta de monitoramento, por se utilizar uma conexão *bluetooth*.

O sistema foi desenvolvido utilizando-se:

1. Um *shield ethernet*;
2. Um sensor de nível de combustível automotivo, adaptado para medição de reservatórios de água;
3. Um sensor ultrassônico JSN-SR0T4-2.0;
4. Um sensor de temperatura DS18B20;
5. Um Arduino ATmega2560.

Onde uma das interfaces de interação com o usuário foi desenvolvida em um aparelho celular com sistema *android*, por meio do *software Android Studio*. Já a outra interface de comunicação se trata de um *website* desenvolvido com programação PHP, CSS e HTML.

A escolha do sensor ultrassônico JSN-SR0T4-2.0 para aferição do nível de água do reservatório, foi realizada pelo fato do mesmo ser a prova d'água evitando danos ao sensor devido à exposição à umidade em longo prazo, além de possuir uma boa precisão nas leituras. Por se tratar de um sensor de leitura indireta, a determinação da distância que o objeto, no caso a água, se encontra do sensor é feita através do tempo que o sinal gerado leva para ser refletido novamente ao sensor. Dessa forma, a definição da distância lida pelo pulso gerado é realizada por meio de um fator multiplicativo de 0.01786, valor especificado pelo fabricante do sensor, resultando assim na distância em que o objeto se encontra em centímetros.

No entanto, para que o sensor pudesse ser utilizado, faz-se necessário o uso de uma estrutura para elevá-lo em relação ao nível máximo da água do reservatório, uma vez que tal sensor possui uma zona morta de 20 cm que é superior à distância

que a tampa do reservatório se encontra em relação à água, inviabilizando assim o acoplamento direto do sensor à mesma. Por isto uma estrutura feita com um cano de PVC com diâmetro de 100 mm, foi acoplada à tampa do reservatório, como mostra a Figura 16, eliminando a possibilidade de situações onde o nível de água atinja a zona morta do sensor.



Figura 16: Estrutura para acoplamento do sensor ultrassônico.

Ao iniciar os testes do sensor, algumas variações nas leituras realizadas puderam ser detectadas. Essas variações possivelmente foram causadas pelo tempo de resposta do próprio sensor, por isso um filtro digital *low-pass* foi implementado ao sistema, com intuito de evitar que variações bruscas interferissem nas leituras feitas pelo sensor. Outro efeito também detectado durante as aferições foi a variação de resposta devido ao aumento da temperatura dentro do reservatório, causada pela exposição direta do sistema aos raios solares. Por isso um sensor de temperatura, do modelo DS18B20 foi acoplado ao sistema a fim de determinar qual a influência da variação da temperatura causa nas leituras do nível do reservatório.

Também devido a exposição direta do sistema à radiação solar, notou-se a presença de evaporação de água dentro do reservatório, que por não ser eliminado para o ambiente acaba condensando novamente na tampa do mesmo, causando interferência nas leituras do sensor ultrassônico quando há um acúmulo excessivo de água na sua parte externa, como pode ser visto na Figura 17. Devido a este fato

e também para prevenir possíveis falhas no sensor ultrassônico, uma redundância de sensores foi implementada. Esta redundância foi feita por meio do uso de um sensor de nível de combustível automotivo, adaptado para trabalhar em tais condições.



Figura 17: Situação do sensor após a condensação do vapor de água.

O sensor de nível de combustível funciona de forma similar a um potenciômetro, visto que ambos trabalham baseados na variação da resistência nos seus terminais. O sensor escolhido possui uma resistência nominal variante entre 40 Ω a 180 Ω . Para que esta variação de resistência pudesse ser detectada pelo microcontrolador foi necessária a inserção de uma resistência de 100 Ω em série com a resistência do sensor, fazendo um divisor de tensão, como mostra o esquema da Figura 18. O microcontrolador neste caso identifica um sinal analógico de entrada compreendido entre 238 até 537, que é transformado de forma proporcional na altura do nível em relação a base do reservatório. Essa transformação é feita levando como base os valores definidos para condições de caixa cheia e caixa vazia através do sensor ultrassônico, que neste caso é de 0,72 e 0,24 m, onde o nível mais baixo é indicado pela maior altura.

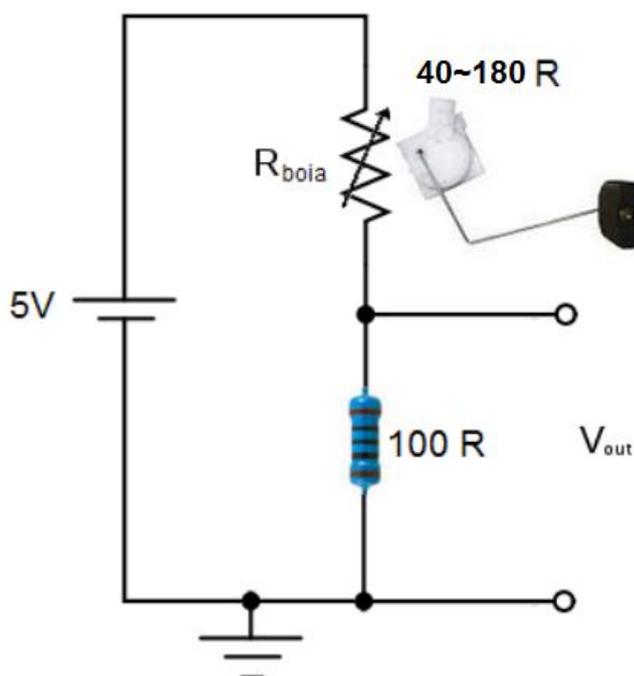


Figura 18: Divisor de tensão para utilização do sensor de combustível automotivo.

Para que o uso do sensor de nível de combustível fosse possível algumas alterações na sua estrutura foram necessárias, uma vez que a haste metálica que dá suporte à bóia era muito pequena e a bóia original não possuía uma resposta satisfatória na variação do nível da água, por ser projetada para fluidos com características diferentes. Por isso uma haste metálica maior foi acoplada a uma bóia destinada ao uso em reservatórios de água, para posteriormente ser acopladas ao sensor, como mostra a Figura 19.

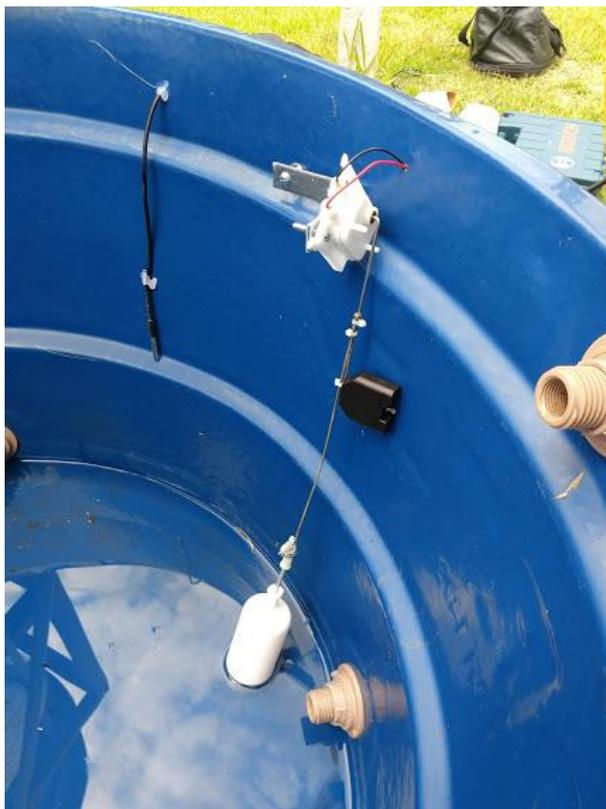


Figura 19: Disposição final do sensor de nível de combustível.

O microcontrolador utilizado foi o Arduino ATmega 2560, que é responsável por coletar os dados informados pelos sensores e fornecer aos usuários a situação do seu reservatório. Entretanto, para que o mesmo seja capaz de controlar seus periféricos e operar como desejado é preciso realizar sua programação, sendo neste caso realizada conforme mostra o fluxograma da Figura 20.

Por se tratar de um sistema para monitoramento remoto, é necessário que o sistema esteja interligado a *Internet*. A fim de realizar tal conexão um *shield ethernet* foi utilizado, permitindo o envio e recebimento de informação da rede. Entretanto a simples conexão não é suficiente para manipulação de todos os dados do sistema, visto que cada microcontrolador deve estar vinculado a um usuário para que informações sobre as condições do reservatório não estejam disponíveis a qualquer um. Sendo assim um sistema de banco de dados foi criado conforme mostra a seção 4.1, o que possibilita que as informações sejam armazenadas e possam ser acessadas de qualquer lugar.

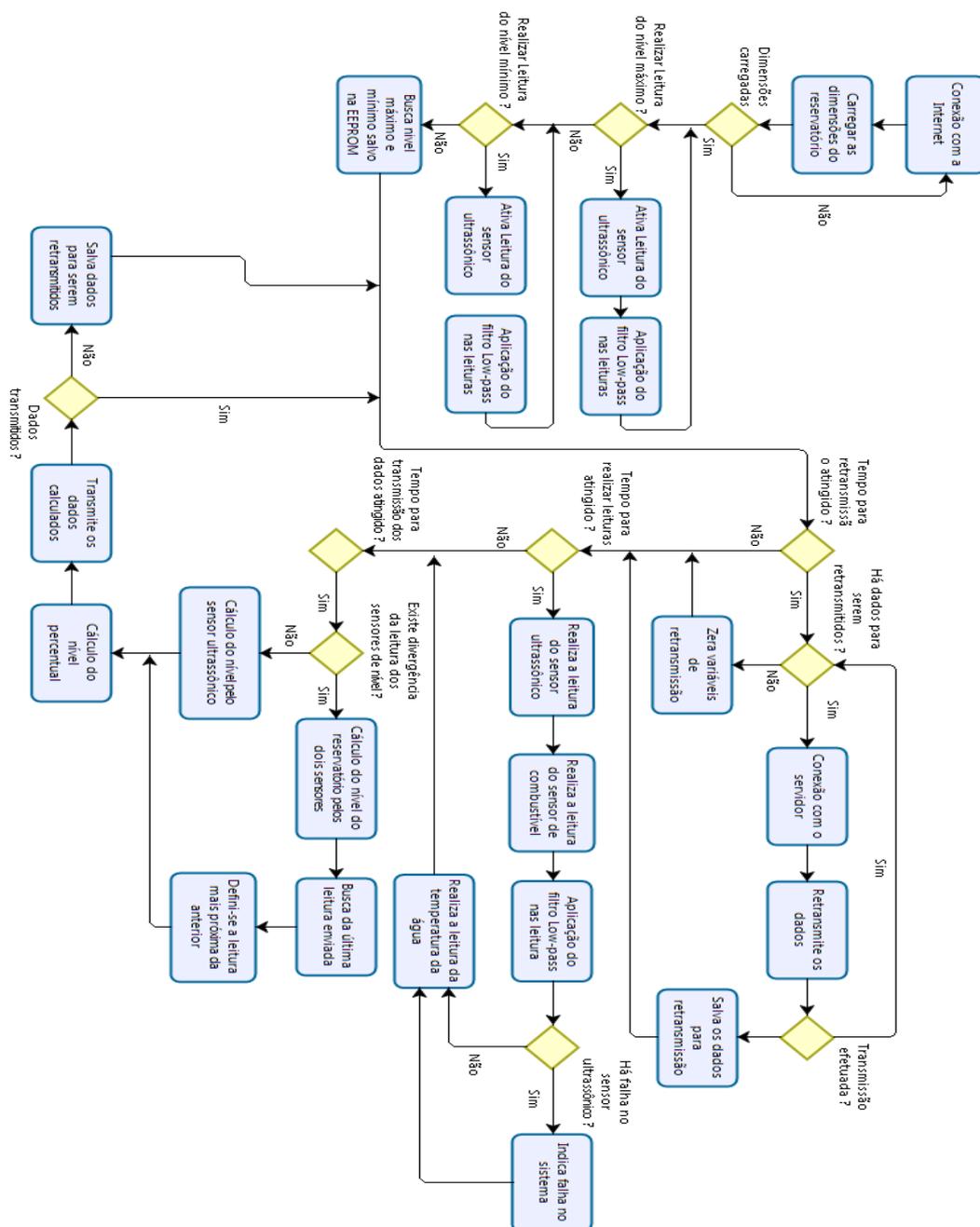


Figura 20: Fluxograma do sistema embarcado no microcontrolador.

Como as caixas de água comumente utilizadas nas residências possuem um formato geométrico complexo, é preciso aproxima-la a outra forma geométrica de volume definido como apresentado na seção 3.8. Dessa forma, é apresentada uma modelagem matemática para o cálculo de um tronco de cone que se aproxima do formato das caixas d'água. Por isso após realizar a conexão com a rede, o microcontrolador solicita ao banco de dados o raio superior e inferior do reservatório vinculado ao usuário, para que possa realizar o cálculo do nível do reservatório.

Além disso, é necessário também que se defina a altura correspondente à caixa vazia e cheia para realizar o cálculo de nível que é feito através de dois botões conectados a entradas digitais do microcontrolador. Ao selecionar um dos botões, leituras consecutivas serão feitas pelo sensor ultrassônico o qual permanece em *loop* enquanto o botão esteja pressionado. Após sua liberação é salvo na *EEPROM* do microcontrolador a altura correspondente ao botão escolhido. Casos onde o reservatório se mantenha inalterado após a primeira configuração não é preciso realizar tais procedimentos novamente, pois estas informações ficam salvas na memória do controlador mesmo após sua reinicialização.

Depois das configurações iniciais, leituras do reservatório são realizadas a cada 3 segundos tanto pelo sensor ultrassônico quanto pelo sensor de nível de combustível. Em ambos os casos as leituras passam pelo filtro *low-pass* evitando mudanças bruscas causadas por algum sinistro. Caso seja detectada alguma anomalia no sensor, o estado do mesmo se altera deixando o usuário ciente da sua situação, através de qualquer um dos meios de monitoramento mostrados nos seções 4.2 e 4.3.

A transmissão dos dados coletados pelo sistema é realizada a cada 10 minutos por meio do protocolo de comunicação *HTTP*, enviados diretamente a uma página *PHP* otimizando o processamento do microcontrolador, visto que todo o código para inserção dos dados no banco é feita pela página e não pelo Arduino. Atingindo este tempo, o sistema verifica a existência de alguma variação significativa entre as leituras dos dois sensores. Caso isso ocorra, é realizada uma consulta no banco de dados da última leitura informada pelo sistema. O sensor que se aproxime mais do valor esperado é considerado para o cálculo do nível atual do reservatório. Em casos onde a diferença se mostre pequena é considerada a leitura informada pelo sensor ultrassônico por ser mais preciso que o sensor de combustível.

Como a conexão com a internet pode ser instável e inconstante ao tentar transmitir os dados ao banco de dados, falhas podem ocorrer. Por isso o envio é monitorado e, na ocorrência de alguma falha, os dados são salvos para serem retransmitidos, evitando assim perdas de informações. Esta retransmissão ocorre apenas em casos onde foram detectadas falhas no primeiro envio, sendo especificado um intervalo de 1 minuto entre cada uma das tentativas de conexão.

Uma vez estabelecida a nova conexão os dados são reenviados sequencialmente de acordo com as falhas detectadas.

Como o intuito do sistema desenvolvido é apresentar os dados de forma remota aos usuários, foram desenvolvidas duas plataformas para interação com o usuário. A primeira se trata de uma aplicação *mobile* que permite o monitoramento e controle sobre o sistema, sendo esta melhor descrita na seção 4.2. E a segunda um *website* apresentado na seção 4.3, que também foi desenvolvido para o presente trabalho.

4.1 Banco de dados

Para que o acesso aos dados coletados do sistema ao longo do tempo fosse possível, fez-se necessária a implementação de um sistema de banco de dados, pois assim os usuários podem obter suas informações dos últimos 30 dias de forma remota. A elaboração do banco de dados foi iniciada pela construção do diagrama de entidade-relacionamento, mostrado na Figura 21, onde foram definidas quais as informações seriam coletadas das leituras do sistema de monitoramento e dos clientes cadastrados.

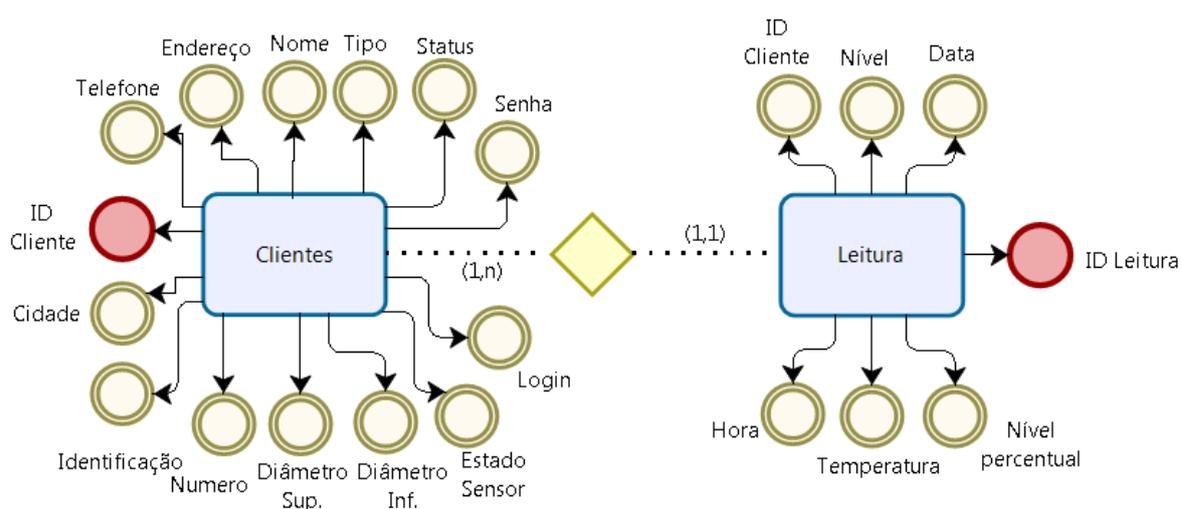


Figura 21: Diagrama de entidade-relacionamento do banco de dados.

A fim de evitar que usuários fossem sobrescritos ou modificados de forma errônea, definiu-se um código de identificação, indicado por ID cliente no diagrama

ER, que além de realizar a identificação do cliente funciona como chave primária evitando a duplicidade de usuários cadastrados. O mesmo código de cliente funciona também como chave estrangeira, para que as leituras realizadas por um dado sistema não sejam mostradas para outro usuário de forma errada. Da mesma forma que ocorre para os clientes, as leituras possuem uma chave primária para evitar perda de informações, assim como as informações fornecidas pelo sistema de monitoramento. Através do diagrama ER, verifica-se a relação existente entre as duas tabelas de informações, visto que a relação (1,n) indica que um usuário pode ter n leituras relacionadas ao seu código de identificação, mas uma leitura só pode ser relacionada a um cliente conforme indica a relação (1,1).

Após as devidas análises dos dados a serem salvos e quais as relações existiriam, definiu-se o uso do Mysql para a construção e manipulação do banco de dados. Por meio das tabelas mostradas nas Figuras 22 e 23 é possível visualizar a estrutura final do banco de dados criado a partir do diagrama ER. Inicialmente o mesmo foi implementado em um servidor local por meio do aplicativo de servidores *Xampp*, que além de funcionar como servidor local possui o pacote *Apache* que fornece suporte para a linguagem PHP (utilizada para o desenvolvimento dos sistemas de monitoramento remoto).

Posteriormente o banco de dados foi alocado em um servidor online gratuito, disponibilizado pela empresa *Free web Hosting Area*, que fornece suporte tanto ao Apache quanto o Mysql. No entanto, o mesmo limita a quantidade de dados inseridos em 1,5 GB e apresenta algumas propagandas nas páginas PHP alocadas em seu servidor. O que é aceitável para a aplicação aqui proposta, visto que inicialmente apenas um sistema será conectado ao banco para sua validação. Porém, caso haja expansão dos sistemas de monitoramento, o servidor a ser utilizado deverá possuir uma maior capacidade de armazenamento de acordo com a demanda de dados.

#	Nome	Tipo	Agrupamento (Collation)	Atributos	Nulo	Predefinido	Comentários	Extra	Ações
1	login_cliente	varchar(50)	latin1_swedish_ci		Não	None			Muda Elimina Mais
2	senha_cliente	text	latin1_swedish_ci		Não	None			Muda Elimina Mais
3	nome_cliente	text	latin1_swedish_ci		Não	None			Muda Elimina Mais
4	tipo_cliente	int(11)			Não	None			Muda Elimina Mais
5	endereco_cliente	text	latin1_swedish_ci		Não	None			Muda Elimina Mais
6	telefone_cliente	int(11)			Não	None			Muda Elimina Mais
7	ID_cliente	int(11)			Não	None		AUTO_INCREMENT	Muda Elimina Mais
8	status	int(11)			Não	None			Muda Elimina Mais
9	identificacao	varchar(15)	latin1_swedish_ci		Não	None			Muda Elimina Mais
10	numero_cliente	int(11)			Não	None			Muda Elimina Mais
11	cidade_cliente	text	latin1_swedish_ci		Não	None			Muda Elimina Mais
12	Diametro_sup	float			Não	None			Muda Elimina Mais
13	Diametro_inf	float			Não	None			Muda Elimina Mais
14	estado_sensor	text	latin1_swedish_ci		Não	None			Muda Elimina Mais

Figura 22: Tabela criada no banco de dados para armazenar os dados dos clientes.

#	Nome	Tipo	Agrupamento (Collation)	Atributos	Nulo	Predefinido	Comentários	Extra	Ações
1	ID_cliente	int(11)			Não	None			Muda Elimina Mais
2	nivel	double			Não	None			Muda Elimina Mais
3	data	date			Não	None			Muda Elimina Mais
4	hora	time			Não	None			Muda Elimina Mais
5	Temperatura	float			Não	None			Muda Elimina Mais
6	percentual	float			Não	None			Muda Elimina Mais
7	ID_leitura	int(11)			Não	None		AUTO_INCREMENT	Muda Elimina Mais

Figura 23: Tabela criada no banco de dados para armazenar os dados das leituras.

4.2 Aplicação de monitoramento *mobile*

Para que usuários do sistema aqui proposto possam ter acesso às informações do mesmo, uma aplicação *mobile* foi desenvolvida a partir do *software* Android Studio versão 3.1. Tal aplicação permite que o usuário faça o controle e monitoramento das informações fornecidas pelo sistema de monitoramento de nível, assim como o controle sobre os demais usuários em casos onde o usuário possua permissões para tais atividades.

Como o sistema de monitoramento pode ser expandido para o uso residencial de quantos clientes forem necessários, um sistema de *login* foi implementado. Por isso ao iniciar a aplicação o usuário se depara com a tela de *login* mostrada na Figura 24, sendo pedido ao mesmo que informe o *login* e senha cadastrados para acesso ao sistema, permitindo também que o mesmo opte por salvar tais informações para acessos posteriores.



Figura 24: Tela de *login* da aplicação mobile.

Para um controle mais eficiente do sistema, foram criados dois tipos de usuários distintos sendo um deles os usuários padrões, que possuem acesso apenas às informações pertinentes ao sistema de monitoramento de nível do seu reservatório e os seus dados cadastrais. O segundo são os usuários classificados como administradores que possuem também acesso às informações dos demais usuários da aplicação. Por isso após realizado o *login*, o usuário passa por um processo de análise no banco de dados, onde é verificada a consistência dos dados informados assim como a classificação do tipo do usuário que solicitou o acesso. Caso as informações estejam corretas, uma análise das condições do sistema de monitoramento de nível do usuário em questão é realizada.

Havendo algum indicativo de erro no sistema o usuário é notificado como mostra a Figura 25 (d), desta forma o cliente pode tomar as devidas medidas preventivas necessárias. Se nenhum erro for detectado os usuários classificados como administradores são direcionados para a tela inicial mostrada pelas Figuras 25 (a) e (b), já os usuários padrões são direcionados para a tela mostrada na Figura 25 (c).



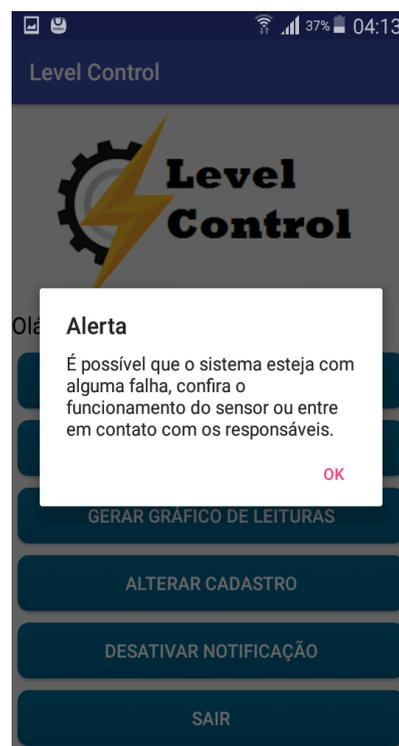
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 25: (a) Tela inicial de acesso para usuários administradores (b) Projeção vertical da tela de acesso de usuários administradores (c) Tela inicial de acesso para usuários padrões (d) Mensagem de alerta em casos onde seja detectada falha do sistema.

Uma vez *logado*, ambos os tipos de usuários possuem a opção de visualizar a última leitura realizada do seu reservatório. Para isso basta que a opção Nível atual seja selecionada no menu inicial mostrado anteriormente. Feito isso, o usuário é direcionado para uma nova tela, como mostra a Figura 26, onde pode visualizar a situação atual do seu reservatório, que neste caso optou-se por mostrar o volume existente em porcentagem por ser mais intuitivo do que sua apresentação em litros. Além de visualizar tais dados o usuário possui a opção de retornar ao menu anterior ou visualizar todas as leituras realizadas nos últimos 30 dias, através dos botões disponíveis na tela.

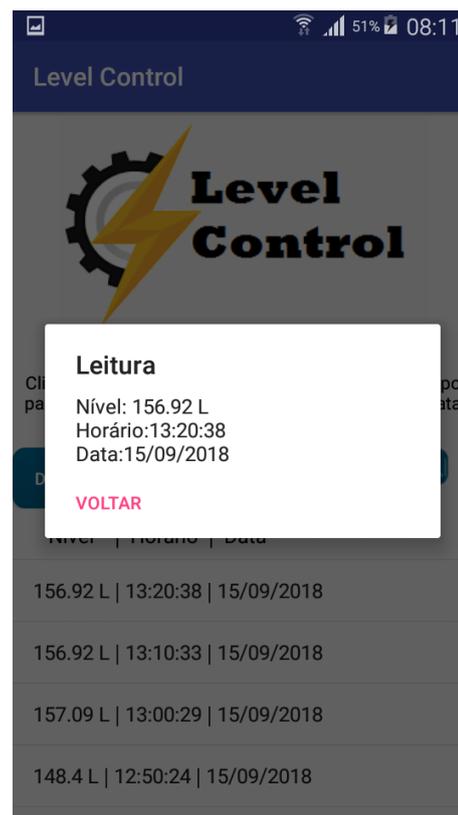


Figura 26: Tela destinada a indicação do nível atual do reservatório.

Ao selecionar a opção Lista de Leituras na tela apresentada da Figura 26 ou no menu apresentado das Figuras 25 (a), (b) e (c), o usuário é direcionado a uma tela onde todas as leituras realizadas nos últimos 30 dias estão disponíveis para consulta, sendo apresentado para cada uma das leituras o nível em litros, a hora e a data que a mesma foi realizada, como pode-se ver na Figura 27 (a). É permitido também ao usuário que clique sobre qualquer uma das leituras para obter de forma detalhada suas informações que aparecem em forma de um *pop-up*, conforme mostra a Figura 27 (b).



(a)



(b)

Figura 27: (a) Tela de indicação das leituras realizadas no período de 30 dias (b) Informações detalhadas da leitura selecionada.

A fim de facilitar a consulta das leituras, o usuário é capaz de filtrá-las pela data que a mesma foi realizada, bastando apenas que o botão Data Inicial ou Data Final, presentes na tela apresentada na Figura 27, seja selecionado. Quando isto ocorre é apresentado um *pop-up* que contém um calendário para facilitar a escolha da data desejada, como o apresentado na Figura 28 (a). Caso se deseje a análise das leituras de apenas um dia, basta que o usuário informe apenas a Data Inicial, como indicado na Figura 28 (b). Já quando se deseje a análise de um certo intervalo de tempo, deve-se informar tanto a Data Inicial quanto a Data Final. Em qualquer um dos casos mencionados acima para realização das buscas, o usuário deve informar de maneira correta as datas, visto que situações onde haja irregularidades como a inserção de apenas a Data Final, ou em casos onde nas datas selecionadas o usuário não possua leituras, a busca não pode ser realizada e o mesmo é notificado por quais motivos ocorreu a falha.

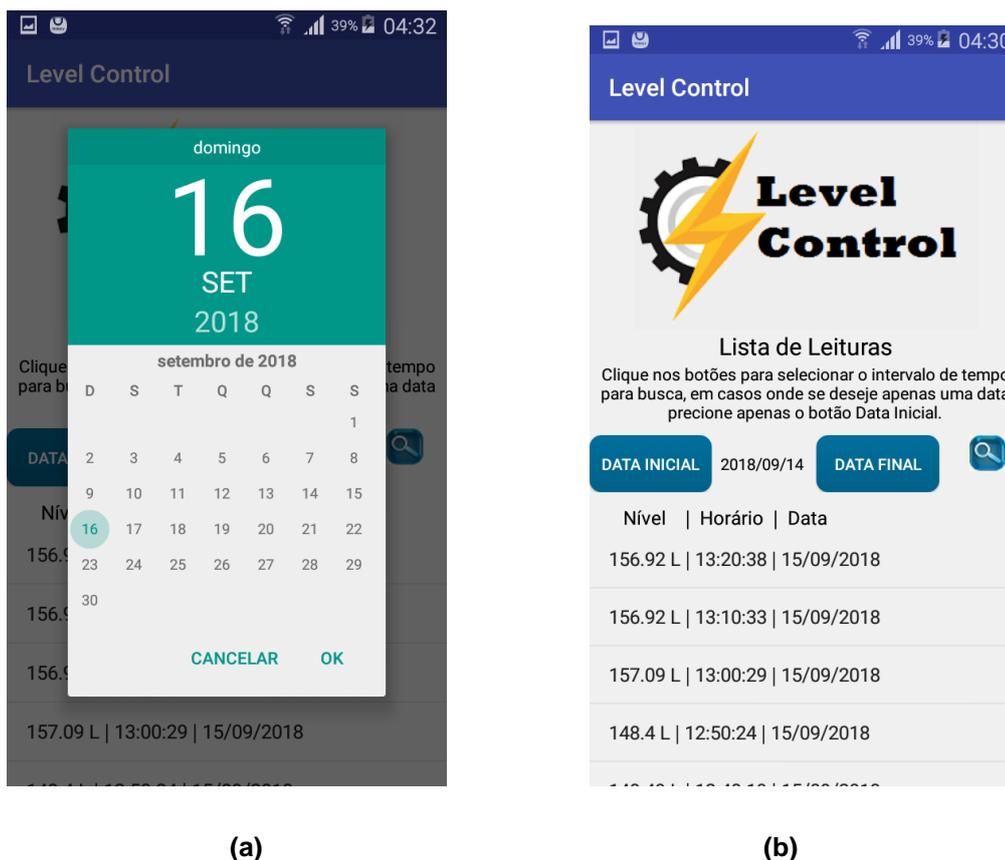


Figura 28: (a) calendário para seleção da data desejada (b) Inserção de dados para filtragem em apenas uma data.

Outra forma de visualizar os dados coletados pelo sistema é por meio de gráficos que permitem uma melhor análise comportamental do consumo diário da residência. Isso facilita o controle do consumo principalmente nos picos de demanda diminuindo assim o risco da falta total de água no reservatório. Tal recurso está disponível no menu inicial para qualquer um dos tipos de usuário e permite que o usuário selecione a data na qual deseje visualizar graficamente os dados. Uma vez selecionada a data, o usuário pode gerar um gráfico do nível do reservatório versus a hora que as leituras foram realizadas, como mostra a Figura 29 (b). No entanto é importante que a data selecionada na tela apresentada na Figura 29 (a) seja válida e o usuário possua leituras, pois caso contrário uma mensagem de falha é gerada e o usuário não pode visualizar graficamente os dados.

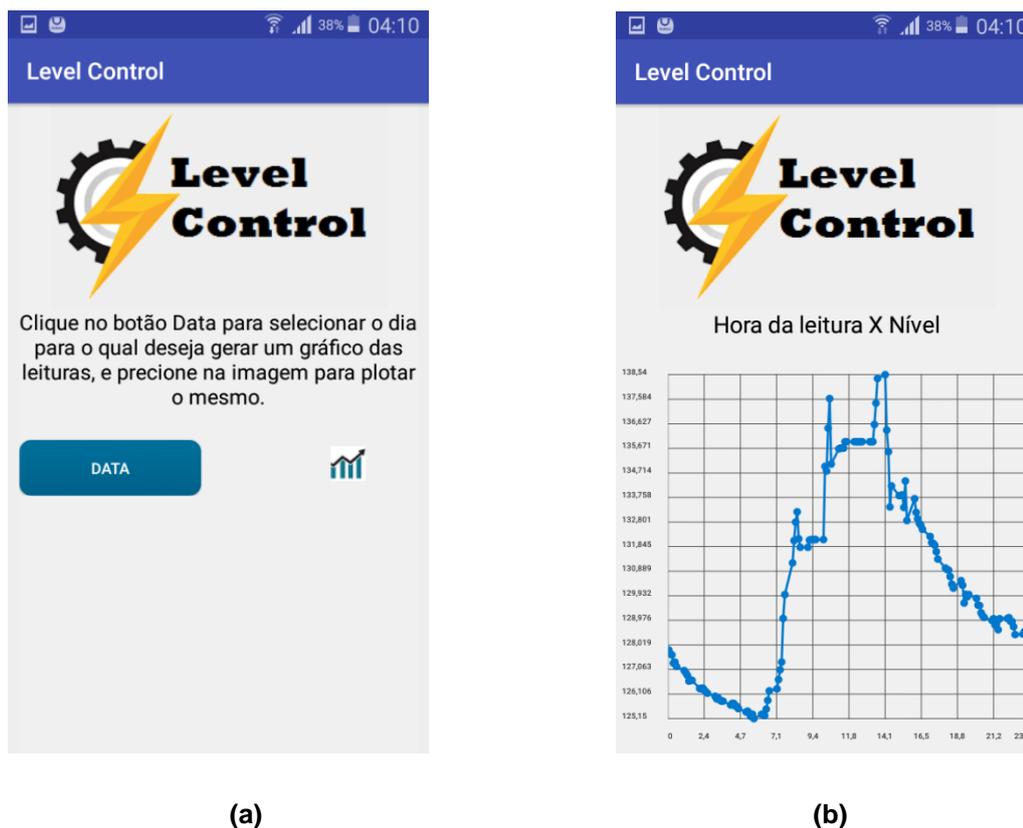


Figura 29: (a) Tela para seleção de data para plotagem gráfica (b) Gráfico gerado para leituras da data selecionada.

Caso haja necessidade de alterar os dados cadastrais como e-mail, senha, endereço, entre outros, o usuário que está *logado* pode realizar tal ação pela opção alterar cadastro, no menu apresentado nas Figuras 25 (a), (b) e (c). Ao selecionar esta opção, o usuário é direcionado para uma tela onde todos os seus dados atuais de cadastro são apresentados e ficam disponíveis para serem alterados, como pode-se ver nas Figuras 30 (a) e (b). Para realizar a alteração, todas as informações devem estar devidamente preenchidas e não devem estar em conflito com as de outros usuários, como por exemplo o e-mail em duplicidade com outro usuário. Assim, caso alguma irregularidade seja detectada a alteração não é feita e o usuário será notificado. Na mesma tela, o usuário tem a possibilidade de cancelar a alteração e é direcionado para tela anterior sem que nenhum dos seus dados sofra alteração.

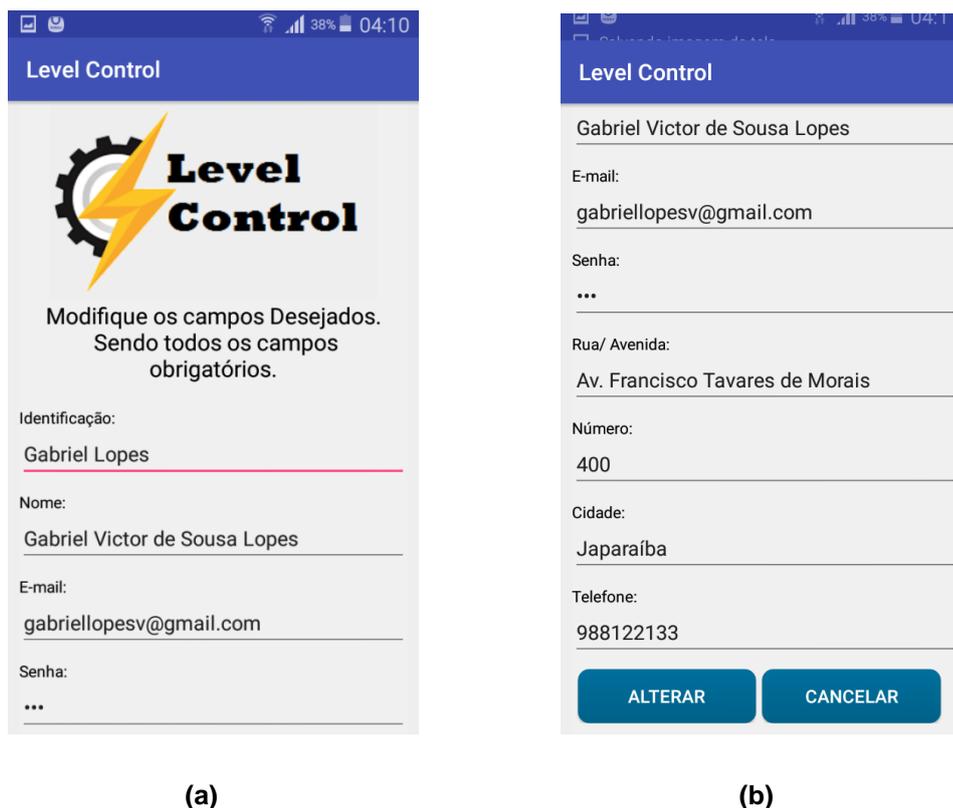


Figura 30: (a) Tela para alteração dos dados cadastrais do usuário (b) Rolagem vertical da tela apresentada na Figura (a).

Como apresentado na seção 3.8 do presente trabalho, para a estimativa do volume do reservatório, é necessário que se tenha informações como o raio superior e inferior do mesmo. Por isso, para que mudanças no reservatório ou até mesmo ajustes possam ser feitos de forma dinâmica pelo usuário, é permitido que o próprio usuário altere as dimensões do reservatório. Feito isso, o mesmo é direcionado para uma tela, mostrada na Figura 31, onde lhe é apresentada as dimensões atuais salvas na base de dados, para que alterações possam ser feitas.



Figura 31: Tela para alteração das dimensões do reservatório.

Usuários classificados como administradores, além do acesso às informações referentes ao sistema de monitoramento do nível do seu reservatório, podem controlar os demais usuários do sistema. Por isso somente para esse tipo de usuário está disponível a opção de cadastro de um novo usuário no menu inicial. Ao selecionar essa opção, o administrador é direcionado a uma tela como ilustram as Figuras 32 (a) e (b), onde se deve preencher os dados cadastrais do novo usuário, definindo além dos dados pessoais qual será o tipo de usuário que está sendo inserido. O preenchimento correto de todos os campos é obrigatório, por isso em casos de divergência de dados o cadastro não é realizado e o usuário é notificado.

(a)

(b)

Figura 32: Tela para cadastro de usuários.

É permitido também aos administradores do sistema realizar a listagem de todos os usuários cadastrados, que pode ser feito também pelo menu inicial devendo selecionar a opção lista de clientes. Feito isto o usuário é direcionado a uma tela, conforme mostra a Figura 33 (a), onde lhe é apresentado todos os clientes cadastrados. Nesta tela é possível realizar a filtragem de clientes através do nome ou e-mail cadastrados, não sendo necessária a inserção completa destes dados, uma vez que o filtro é realizado por qualquer uma das palavras que constituem um dos campos.

Caso seja de interesse do administrador visualizar com maiores detalhes as informações de algum cliente basta que este selecione o usuário para que um *pop-up* com todas as informações do mesmo sejam mostradas na tela, conforme mostra a Figura 33 (b). Nesta mesma tela, o administrador pode excluir o cliente selecionado da base de dados, ou alterar alguma informação cadastrada para o mesmo. Em casos onde haja necessidade de realizar alguma alteração nos dados do cliente indicado, basta que a opção alterar seja selecionada para que o sistema o redirecione para uma tela onde contenha todos os dados do cliente em questão, como mostra as Figuras 33 (c) e (d). Neste caso além dos dados pessoais o administrador, pode bloquear o acesso deste cliente ao sistema de monitoramento, porém uma vez bloqueado o cliente em questão perde todo acesso ao sistema de

monitoramento e só volta a ter acesso a este se for liberado novamente por algum administrador.



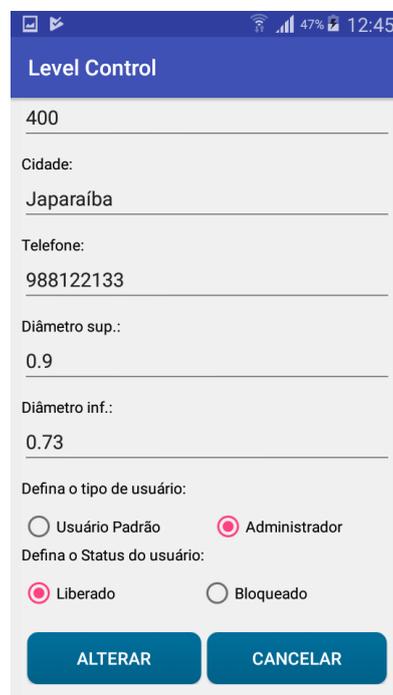
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 33: (a) Tela para apresentação de todos os usuários cadastrados (b) pop-up com informações de um usuário selecionado (c) Tela para alteração do cadastro de um usuário (d) Rolagem vertical da tela apresentada na Figura (c).

Como o intuito de realizar o monitoramento em tempo real do nível dos reservatórios de água é prevenir surpresas desagradáveis para os usuários do sistema, a aplicação *mobile* realiza varredura dos dados coletados pelo sistema e, caso sejam detectados níveis abaixo de 20% da capacidade total do reservatório, o usuário recebe uma notificação de alerta para que medidas preventivas para economizar água possam ser tomadas. No entanto o mesmo tem a liberdade de desativar as notificações por meio do menu inicial, mas antes disto é indagado se realmente deseja realizar o cancelamento, como mostra a Figura 34. Pois uma vez cancelada as notificações, essas apenas serão ativadas novamente após um novo *login* do usuário. Para isso ele pode realizar o *logout* do sistema pela opção sair do menu e refazer o *login* como já mencionado anteriormente.

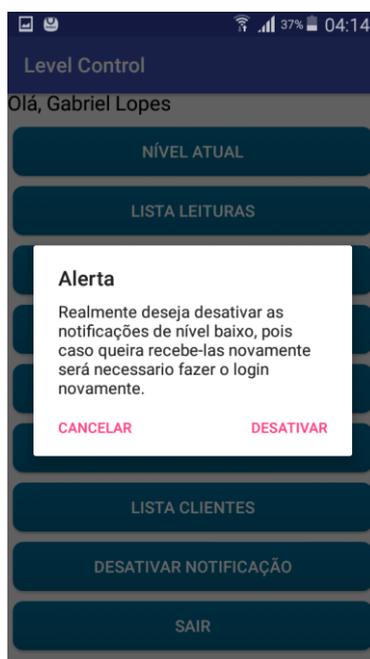


Figura 34: Mensagem apresentada na desativação das notificações de nível baixo.

4.3 *Website* para monitoramento *online*

De forma a facilitar o acesso às informações por parte dos usuários foi desenvolvido também um *website*, disponível no link <http://levelcontrol.freeoda.com/>, onde por meio deste, o usuário é capaz de acessar as informações do seu sistema de qualquer local, bastando apenas que haja um conexão com a internet.

A fim de realizar a divulgação do sistema implementado algumas telas de apresentação foram criadas. Como é o caso da tela inicial mostrada na Figura 35, que apresenta um menu, informações gerais sobre o sistema oferecido, assim como previsões meteorológicas dos próximos três dias, deixando o usuário ciente das condições climáticas, a fim de prever possíveis baixas no reservatório. Outras informações como as da empresa são mostradas na tela apresentada na Figura 36 ou do produto ofertado apresentado na Figura 37. Caso o usuário queira entrar em contato com os responsáveis é disponibilizado também uma aba dedicada para isso, como pode-se ver na Figura 38.

Level Control

Home Sobre a Empresa Produto Fale Conosco Login

FORMIGA - MG
28/09/2018 - Sexta
18° 31°
Pancadas de Chuva

29/09/2018 - Sabado
19° 31°
Pancadas de Chuva a Tarde

30/09/2018 - Domingo
18° 28°
Pancadas de Chuva a Tarde

Google Play CPTEC/INPE

GARANTA JÁ O SEU !

Entre em contato conosco e adquira já o seu sistema de monitoramento. Desta forma você terá em sua residência um sistema de monitoramento de nível em tempo real, evitando surpresas indelegáveis como a falta de água no seu reservatório.

Com a implantação do sistema, você pode monitorar a situação do seu reservatório de onde estiver através do seu computador ou smartphone.

powered by FreeWebHos

Figura 35: Tela inicial do *website* desenvolvido.

Level Control

Home Sobre a Empresa Produto Fale Conosco Login

FORMIGA - MG

21/09/2018 - Sexta
16° 28°
Pancadas de Chuva

22/09/2018 - Sabado
16° 30°
Poss. de Panc. de Chuva a Tarde

23/09/2018 - Domingo
17° 30°
Pancadas de Chuva a Tarde

CPTEC/INPE

Quem Somos

A Level Control foi fundada em 2018 na cidade de Formiga pelo Senhor Gabriel Victor de Sousa Lopes tendo como missão fornecer maior comodidade para seus clientes, fornecendo a oportunidade de realizar o controle e monitoramento do nível de água em sua residência.

Evitando transtornos causados pela falta de água, uma vez que com os produtos oferecidos pela empresa será possível monitorar em tempo real o estado da caixa d'água podendo economizar os gastos sempre que possível.

Gabriel Victor de Sousa Lopes
IFMG-Campus Formiga

powered by FreeWebHos

Figura 36: Tela para apresentação da empresa.

Level Control

Home Sobre a Empresa Produto Fale Conosco Login

FORMIGA - MG

21/09/2018 - Sexta
16° 28°
Pancadas de Chuva

22/09/2018 - Sabado
16° 30°
Poss. de Panc. de Chuva a Tarde

23/09/2018 - Domingo
17° 30°
Pancadas de Chuva a Tarde

CPTEC/INPE

LEVEL CONTROL

Nosso produto tem a finalidade de realizar o monitoramento de nível em tempo real em reservatórios residenciais. Para isso utilizamos um sistema micro controlado com conexão direta a Internet para envio das informações do reservatório.

O sistema coleta os dados e os disponibiliza através do seu computador pelo site levelcontrol.freeoda.com ou por um aplicativo para smartphones disponível na plataforma Google store.

Gabriel Victor de Sousa Lopes
IFMG-Campus Formiga

powered by FreeWebHostingA

Figura 37: Tela informativa sobre o produto oferecido.

Level Control

Home Sobre a Empresa Produto Fale Conosco Login

FORMIGA - MG
21/09/2018 - Sexta
16° 28°
Pancadas de Chuva

22/09/2018 - Sabado
16° 30°
Poss. de Panc. de Chuva a Tarde

23/09/2018 - Domingo
17° 30°
Pancadas de Chuva a Tarde

CPTEC/INPE

Fale Conosco

Para maiores informações sobre os nossos serviços e produtos, entre em contato conosco:

De:

Assunto:

Mensagem:

Enviar

Contatos

Entre em contato também pelos seguintes meios de comunicação:

Email: gabriellopesv@gmail.com
Telefone: (037)98812-2133

Figura 38: Tela destinada para que usuários entrem em contato com os responsáveis.

Uma vez que o usuário tenha um sistema instalado e seja cadastrado, ele pode da mesma forma que na aplicação *mobile* fazer o *login* no sistema. Como o princípio de funcionamento é o mesmo tanto para a aplicação *mobile* como para o *website*, usuários classificados como administradores após realizar o *login* são direcionados para uma tela inicial mostrada na Figura 39, onde lhe é apresentada a situação atual do seu reservatório, sendo esta apresentada de forma percentual por ser mais intuitiva que a apresentação em litros. Por meio do menu o usuário também tem a possibilidade de alterar seu cadastro, cadastrar um novo cliente, listar os clientes cadastrados, listar as leituras realizadas nos últimos 30 dias por meio de tabelas ou gráficos. Onde tais telas possuem o funcionamento semelhantes às suas respectivas telas apresentadas na seção 4.1.

Level Control

Alterar Cadastro Cadastrar Cliente Clientes Listar Leituras Gerar Gráfico Sair Olá, Gabriel Lopes

FORMIGA - MG

28/09/2018 - Sexta 18° 31°
Pancadas de Chuva

29/09/2018 - Sabado 19° 31°
Pancadas de Chuva a Tarde

30/09/2018 - Domingo 18° 28°
Pancadas de Chuva a Tarde

Última Leitura Disponível do Reservatório
43.17 %

*Vizualize também as leituras dos últimos 31 dias, através da aba Listar Leituras pelo menu.

Gabriel Victor de Sousa Lopes
IFMG - Campus Formiga

powered by FreeWebHosting

Figura 39: Tela inicial após o *login* para administradores do sistema.

Já os usuários classificados como padrão são direcionados para uma tela semelhante a apresentada na Figura 39. Podendo estes apenas realizar a alteração do seu cadastro, lista de leituras por meio de tabelas ou gráficos. Em casos onde o usuário não possua leituras do sistema, o mesmo é informado na tela inicial a inexistências de tais leituras, como mostrado também da Figura 40.

Level Control

Home Alterar Cadastro Listar Leituras Gerar Gráfico Leituras Sair Olá, Usuário padrão

FORMIGA - MG

21/09/2018 - Sexta 16° 28°
Pancadas de Chuva

22/09/2018 - Sabado 16° 30°
Poss. de Panc. de Chuva a Tarde

23/09/2018 - Domingo 17° 30°
Pancadas de Chuva a Tarde

Última Leitura Disponível do Reservatório
Usuário não possui nenhuma leitura.

* Vizualize também as leituras dos últimos 31 dias, através da aba Listar Leituras no menu.

Gabriel Victor de Sousa Lopes
IFMG - Campus Formiga

powered by FreeWebHosting

Figura 40: Tela inicial após o *login* para usuários padrões do sistema.

Grande parte das telas tem o funcionamento parecido com suas respectivas telas da aplicação *mobile*, no entanto ao tentar gerar um gráfico no website o usuário tem a liberdade de escolher três formas diferentes para apresentação dos dados,

como pode ser visto na Figura 41, que se difere da aplicação que permite apenas gerar um gráfico diário das leituras. Ao selecionar apenas a data inicial é plotado um gráfico das leituras diárias do sistema, como mostrado na Figura 42, já quando se seleciona tanto a Data Inicial como a Data Final é gerado um gráfico com a leitura máxima, mínima e média de cada um dos dias dentro do intervalo selecionado, como apresentado na Figura 43. Por fim ao selecionar a opção últimos 30 dias é gerado um gráfico também com a leitura máxima, mínima e média para cada um dos últimos 30 dias, conforme mostra a Figura 44.

The screenshot shows the 'Level Control' web application interface. At the top left is the logo, and a navigation menu includes 'Alterar Cadastro', 'Cadastrar Cliente', 'Clientes', 'Listar Leituras', 'Gerar Gráfico', and 'Sair'. The user is logged in as 'Olá, Gabriel Lopes'. On the left, there is a weather forecast for Formiga - MG for the dates 21/09/2018 (Friday), 22/09/2018 (Saturday), and 23/09/2018 (Sunday), showing temperatures and weather icons. The main area is titled 'Gerar Gráfico' and contains instructions: 'Para gerar o gráfico das leituras de um dia insira apenas a Data inicial, para plotar um intervalo de tempo informe as duas datas:'. Below this are input fields for 'Data Inicial:' and 'Data Final:', both with a 'dd/mm/aaaa' placeholder and a bar chart icon. A blue button labeled 'ÚLTIMOS 30 DIAS' is positioned below the 'Data Final' field. The footer includes the user's name 'Gabriel Victor de Sousa Lopes' and affiliation 'IFMG-Campus Formiga', along with a 'Powered by FreeWebHosting' logo.

Figura 41: Tela para seleção de dados para plotagem gráfica.

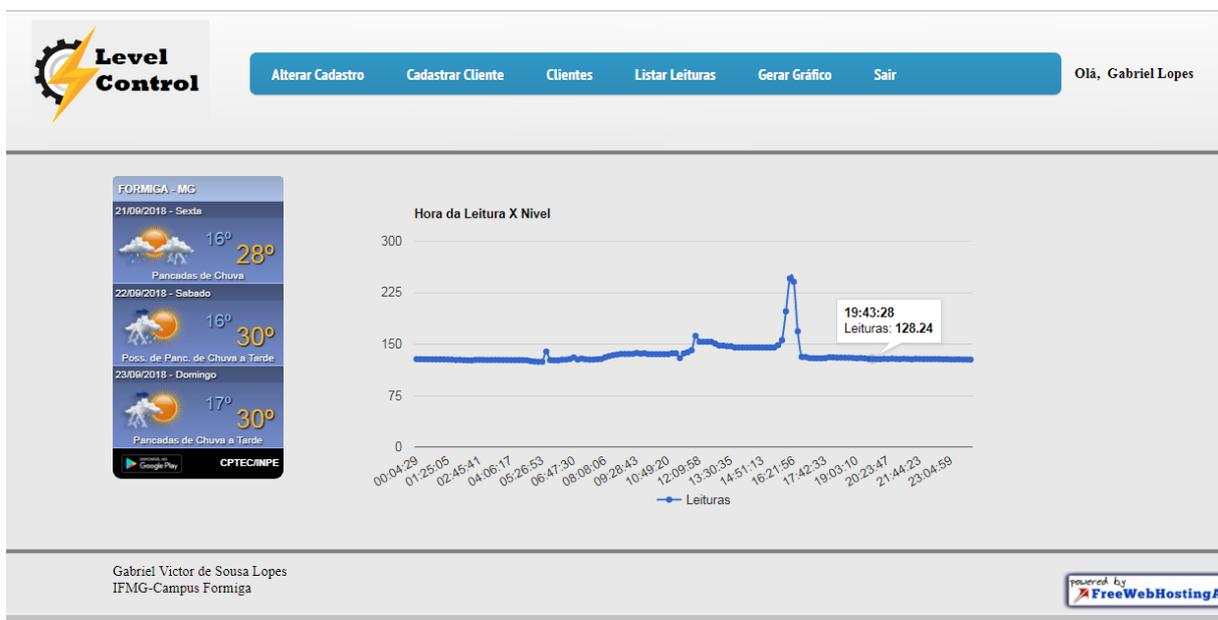


Figura 42: Gráfico gerado para leituras diárias do usuário.



Figura 43: Gráfico gerado para um intervalo de tempo definido pelo usuário.

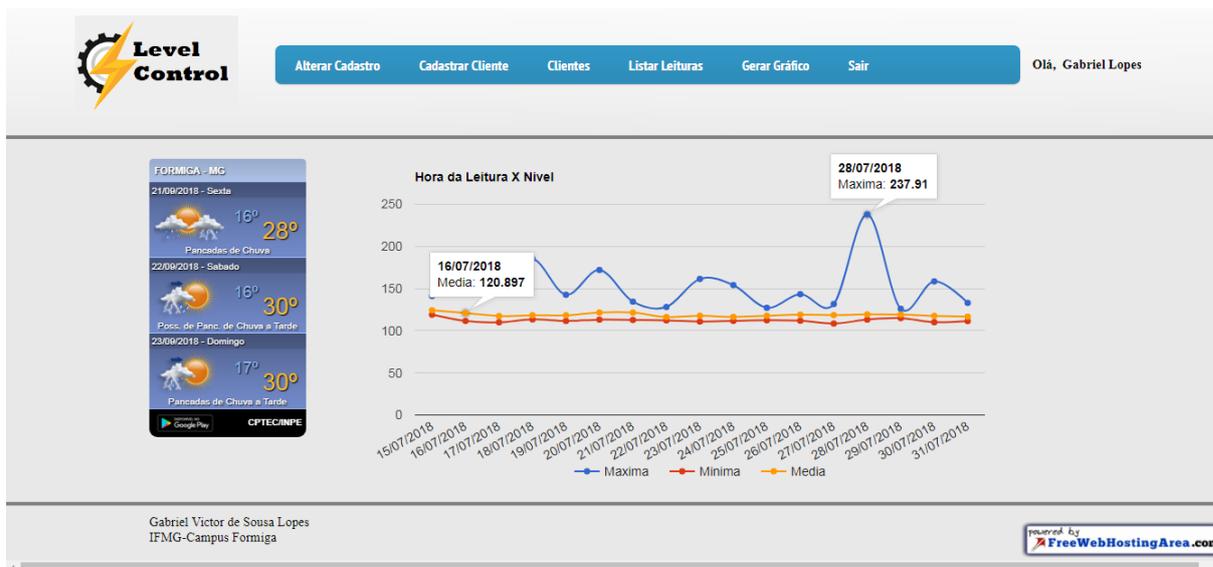


Figura 44: Gráfico gerado com as leituras dos últimos 30 dias.

Por fim, após a apresentação do sistema de monitoramento remoto de nível de reservatórios residenciais e suas respectivas interfaces de interação com o usuário, pode-se apresentar na seção 5, os resultados e discussões experimentais obtidos com os sistemas propostos neste trabalho de conclusão de curso.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados e discussões obtidos por meio de testes de funcionamento do sistema de monitoramento e análise remota do nível de água nos reservatórios residenciais. Inicialmente os resultados a serem apresentados se tratam do sistema apenas com o sensor ultrassônico instalado e, posteriormente, os resultados obtidos após a inserção da redundância de sensores pela adição do sensor de combustível. Após os testes e a validação do sistema proposto, é apresentado um levantamento de custo do sistema desenvolvido. Tal sistema descrito acima está mais bem detalhado na seção 4.

5.1. Testes iniciais com o sensor ultrassônico

Primeiramente foram realizados testes de funcionamento utilizando o sensor ultrassônico JSN-SR0T4-2.0, a fim de estimar o nível do reservatório. Sendo que o sistema completo de medição é composto pelo Arduino ATmega 2560, um *Shield ethernet*, um sensor de temperatura DS18B20 e o sensor ultrassônico JSN-SR0T4-2.0. Para implementação do sistema utilizou-se uma caixa d'água fortlev de 250 litros de capacidade.

Com início das medições, o reservatório foi mantido constante com aproximadamente 120 litros em seu interior. Desta forma observaram-se variações nas leituras informadas pelo sensor conforme mostra a Figura 45, onde se identificou como sendo a provável causa às variações do tempo de processamento e de resposta do sensor. Por isso um filtro digital *low-pass* foi implementado para evitar que variações bruscas interferissem no resultado apresentado pelo sensor. Entretanto, apenas implementação do filtro não foi suficiente para eliminar totalmente as variações nas leituras, visto que o sistema tendia a sofrer variações sistemáticas nos horários mais quentes e mais frios ao longo do dia.

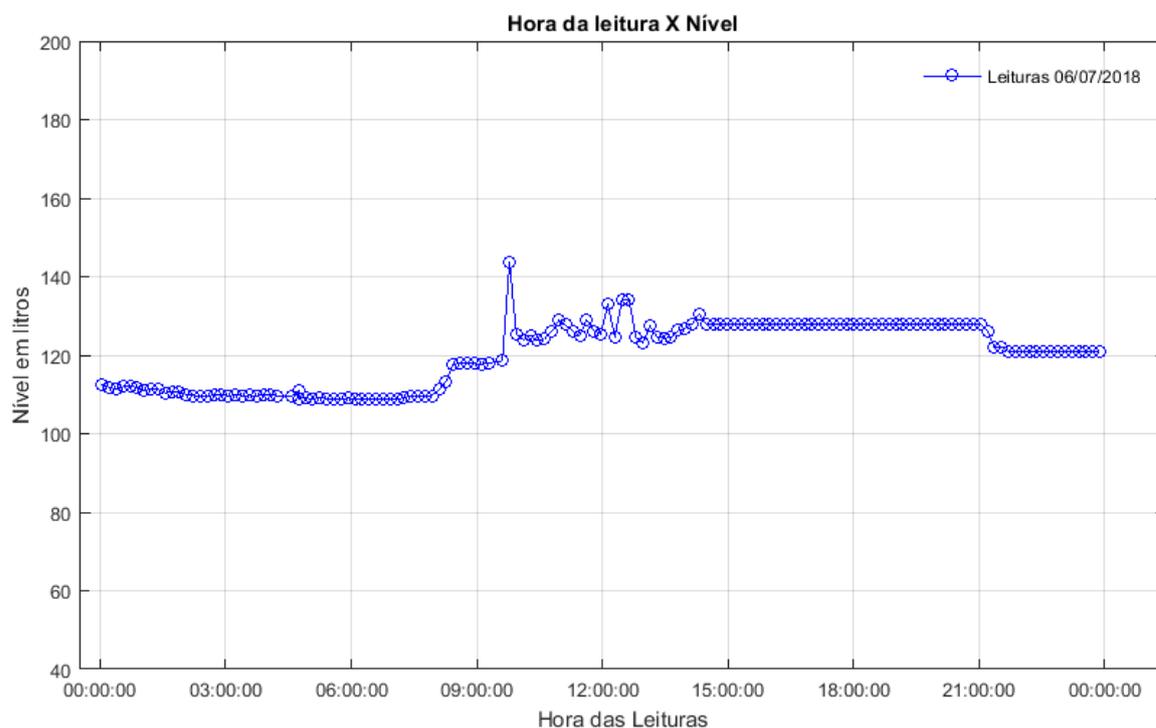


Figura 45: Gráfico de leituras diárias do sistema de monitoramento.

Pelo fato destas variações ocorrerem de forma cíclica de acordo com a temperatura externa, um sensor de temperatura foi acoplado ao sistema para determinar a influência de tal variável sobre as leituras realizadas pelo sensor ultrassônico. Assim constatou-se a existência de um relação entre a temperatura da água dentro do reservatório e as leituras informadas, como pode-se ver nos gráficos apresentados na Figura 46. Tais gráficos se tratam das leituras de nível e temperatura realizadas entre os dias 18 e 20 do mês de julho versus a hora da leitura. Desta forma, observou-se que as leituras sofrem maiores variações nos períodos de 10:00 horas até as 14:00 horas, períodos em que o reservatório apresentava uma elevação da temperatura interna devido a radiação solar recebida nestes horários.

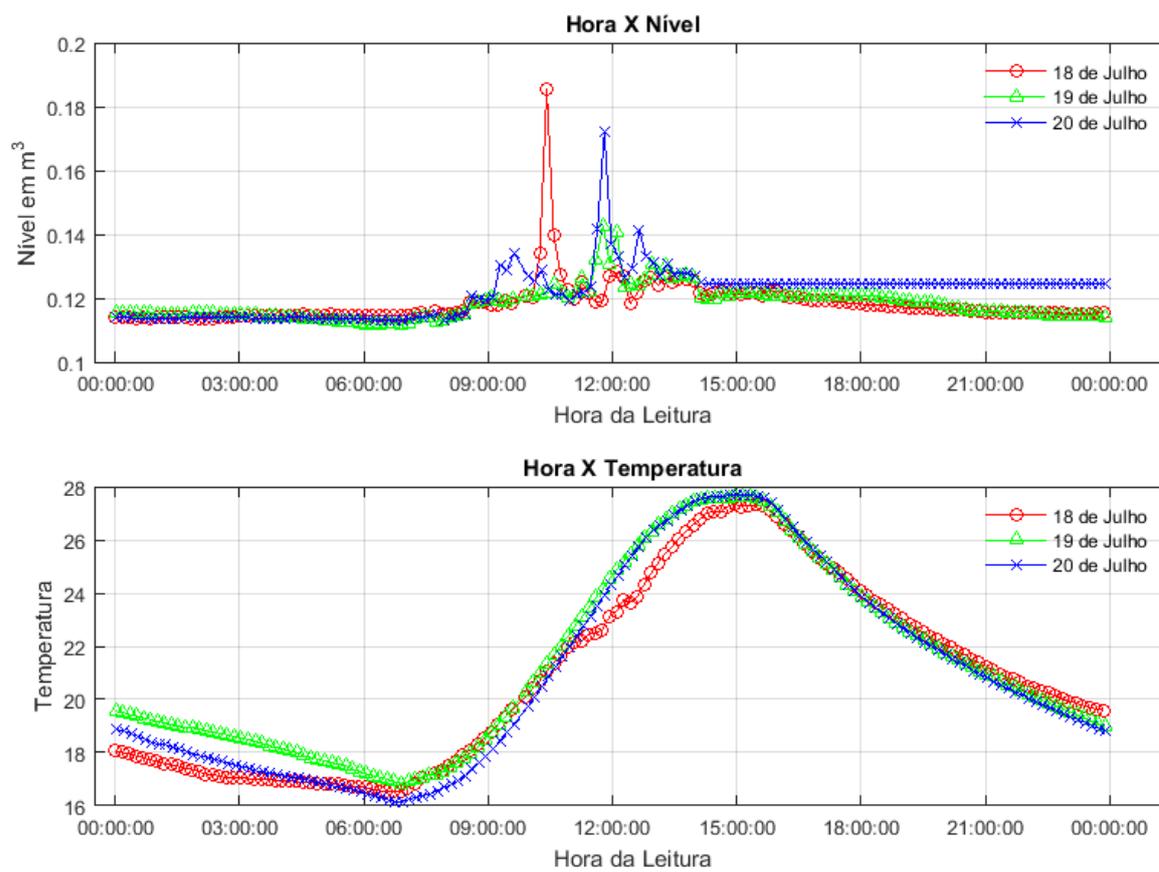


Figura 46: Leituras diárias de nível e temperatura para três dias de análise.

Pela Figura 46 é possível ver que, com o aumento da temperatura no reservatório, o nível informado sofre variações, sendo que o processo inverso também ocorria, uma vez que ao sofrer resfriamento o nível informado diminuía. Com isto foi identificado como provável causa à variação da velocidade de propagação da onda ultrassônica devido a mudanças de temperatura, visto que mudanças na mesma alteram a agitação das moléculas do meio favorecendo ou prejudicando a propagação das ondas, o que influencia diretamente no tempo que a onda leva para ser refletida pela água, resultando em indicações de nível diferentes do real.

A fim de validar tal hipótese, com o auxílio do software MATLAB, um estudo de correlação entre a temperatura e o nível do reservatório foi desenvolvido, onde através deste, obteve-se um índice de correlação de 0.34, o que indica uma baixa linearidade. Isso mostra a existência de uma relação direta com a temperatura, mas indicando também a existência de relações com outras grandezas que não foram consideradas, como a pressão atmosférica e a umidade, as quais o sensor está

exposto. Pela Figura 47, pode-se visualizar com maior clareza a relação existente entre o nível e a temperatura, visto que ambas variáveis apresentam um comportamento semelhante ao longo do tempo.

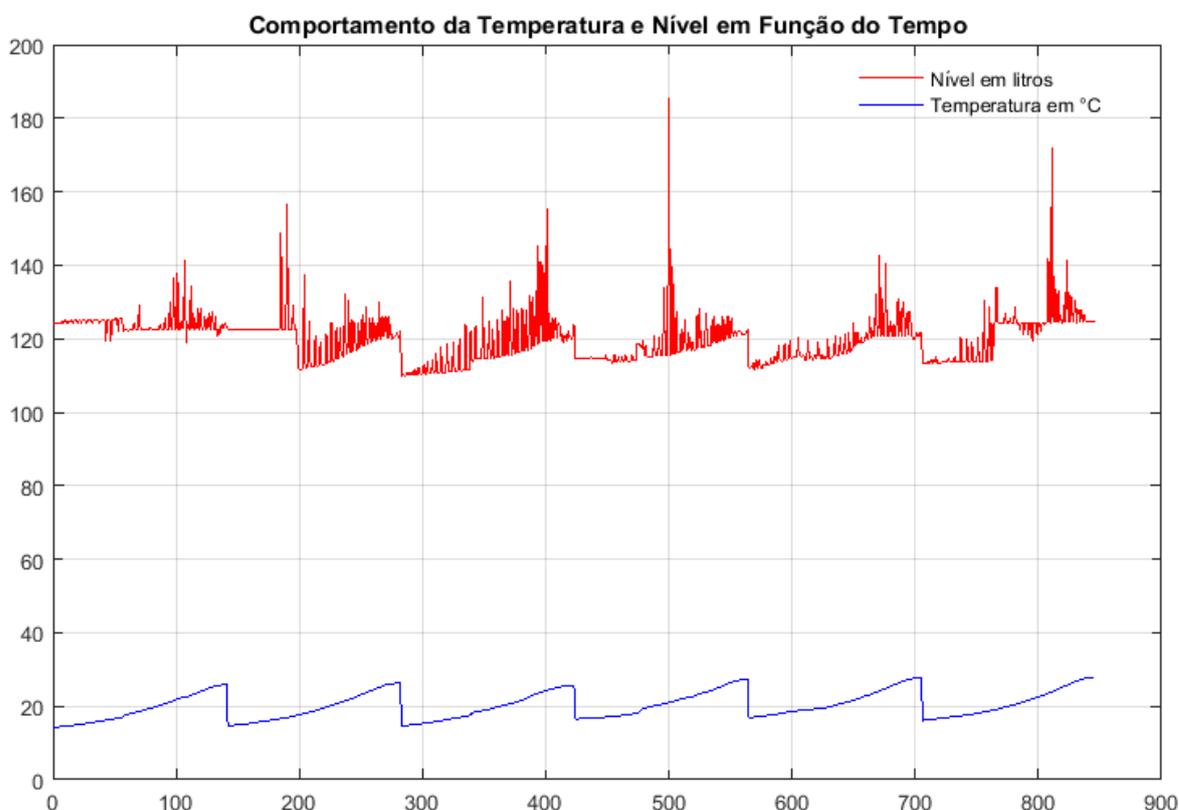


Figura 47: Gráfico de correlação entre a temperatura e o nível do reservatório.

Com intuito de estimar qual a interferência à elevação de temperatura diária causa nos dados informados pelo sensor, um gráfico da variação do volume do reservatório em litros, de acordo com sua temperatura, foi plotado como mostra a Figura 48. A partir de tal gráfico é possível visualizar que a mudança da velocidade de propagação da onda causa uma variação média de aproximadamente 10 litros, nas leituras informadas pelo sensor ultrassônico diariamente. O que não descarta o seu emprego para aplicação, visto que o sistema proposto não precisa ser exato e sim preciso pelo fato de apenas fornecer ao usuário uma ideia da situação atual do seu reservatório.

A partir da Equação 2 apresentada no item 3.4, é possível traçar uma curva de variação de velocidade para as mudanças de temperatura analisadas, como mostra a Figura 49. Essa mudança ao ser comparada a curva de tendência,

apresentada na cor preta na Figura 48, comprova-se que o comportamento do volume é proporcional à variação da velocidade de propagação da onda ultrassônica, deixando claro a coerência entre a hipótese levantada e o comportamento real do sensor.

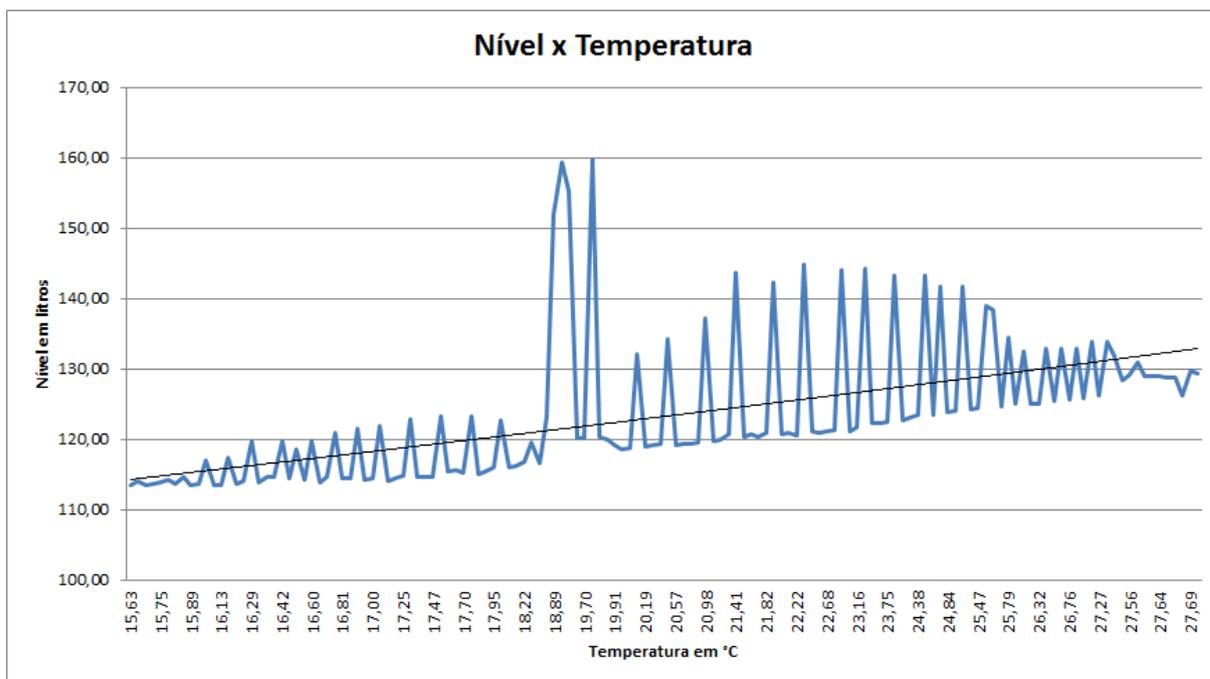


Figura 48: Análise comportamental do volume pela temperatura da água.

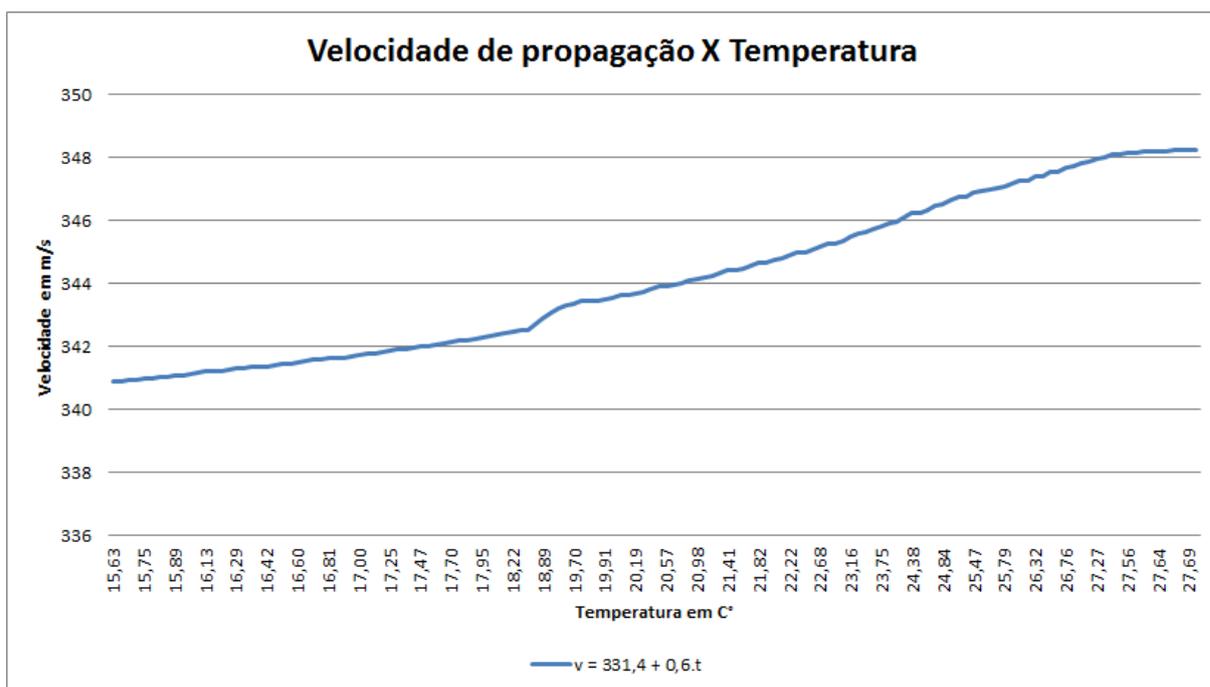


Figura 49: Relação da velocidade de propagação da onda ultrassônica pela temperatura.

Outro efeito da exposição direta do sistema à radiação solar, além da interferência nas leituras devido à velocidade de propagação da onda, foi a evaporação da água dentro do reservatório. Efeito este que resultava em algumas leituras fora do padrão, como pode se ver na Figura 50, onde o reservatório se manteve em um nível constante próximo a 120 litros durante 15 dias para análise de instabilidade do sensor. Neste período observou-se que em todos os dias por mais que o valor médio das leituras apontasse para o nível real, ocorreram casos onde leituras incorretas eram informadas, ocasionadas por elevações e atenuações na temperatura dentro do reservatório.

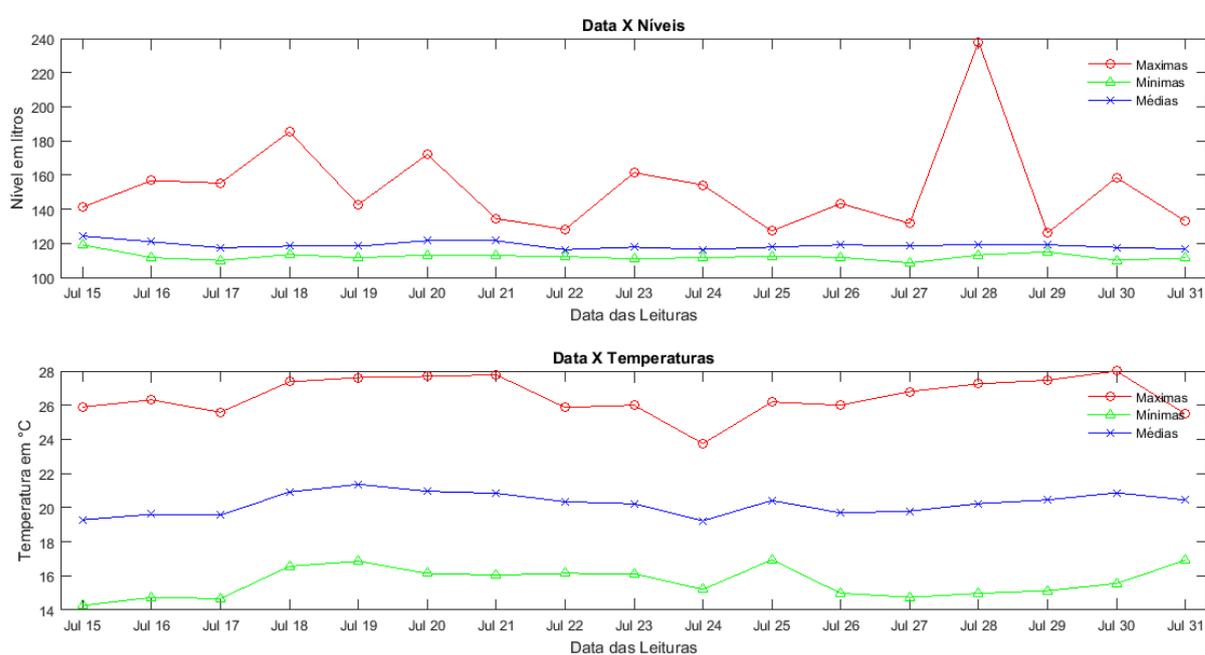


Figura 50: Leituras do nível e temperatura do reservatório para análise de instabilidade.

Dentro do intervalo de tempo analisado, pode-se verificar casos críticos de instabilidade do sensor, como ocorreu no dia 28 de julho de 2018, onde o sensor informou um nível de 237,91 litros. Este efeito ocorreu pelo fato do vapor de água ter condensado sobre a superfície do sensor causando acúmulo de água na parte externa do mesmo, levando a condições onde eram realizadas leituras na zona morta do sensor, fornecendo assim leituras incorretas.

Ao analisar as leituras realizadas neste dia conforme mostra a Figura 51, percebe-se que estas variações abruptas ocorreram apenas em momentos onde a temperatura ambiente estava mais elevada, pois nos demais horários as leituras estavam coerentes ao nível real do reservatório.

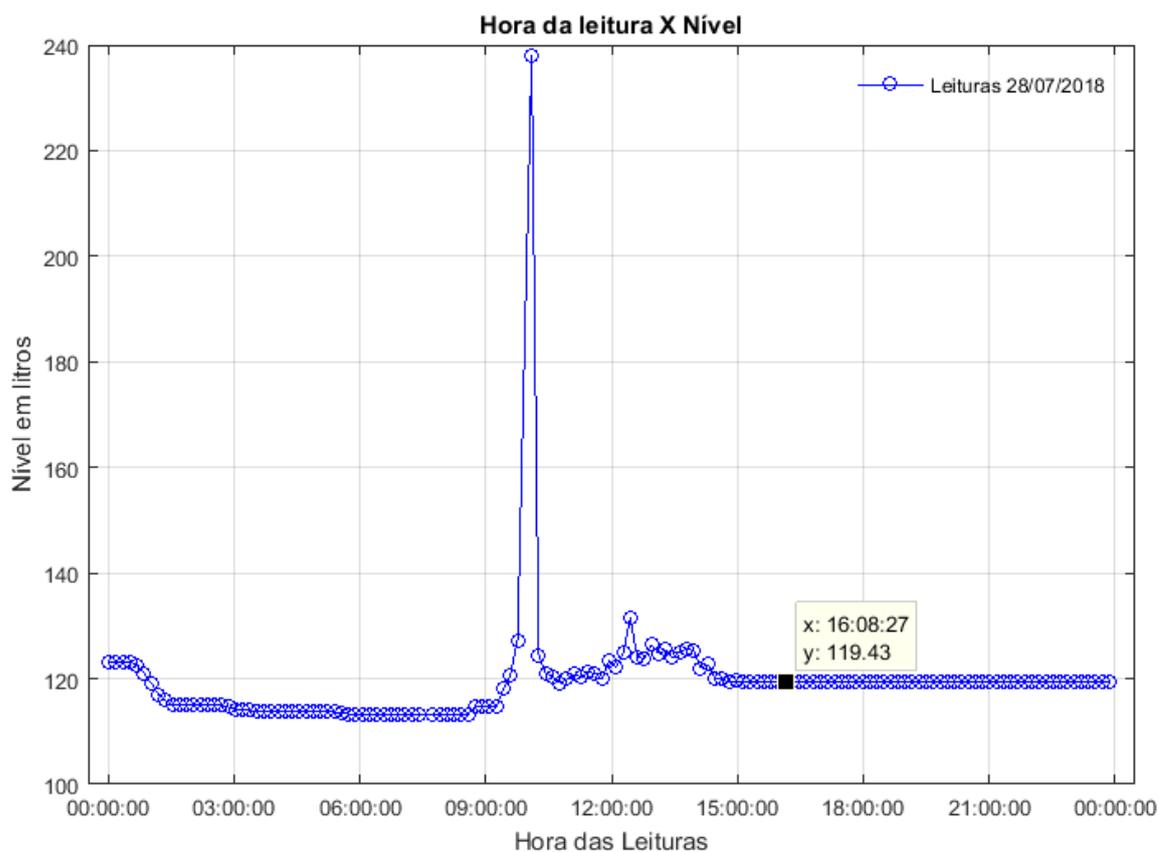


Figura 51: Leituras diárias para o dia 28 de julho de 2018.

A fim de solucionar tais problemas, pequenas aberturas foram feitas no cano que dá suporte ao sensor para que o vapor de água pudesse sair ao invés de condensar no sensor. O que resultou em uma significativa melhora no funcionamento do mesmo, como se pode ver na Figura 52, onde a interferência presente se trata da variação da velocidade da onda e não a causada pela condensação de água no sensor. No entanto, para assegurar a confiabilidade do sistema, um sensor de combustível foi acoplado ao mesmo, para que em casos de falhas do primeiro sensor este pudesse ser utilizado.

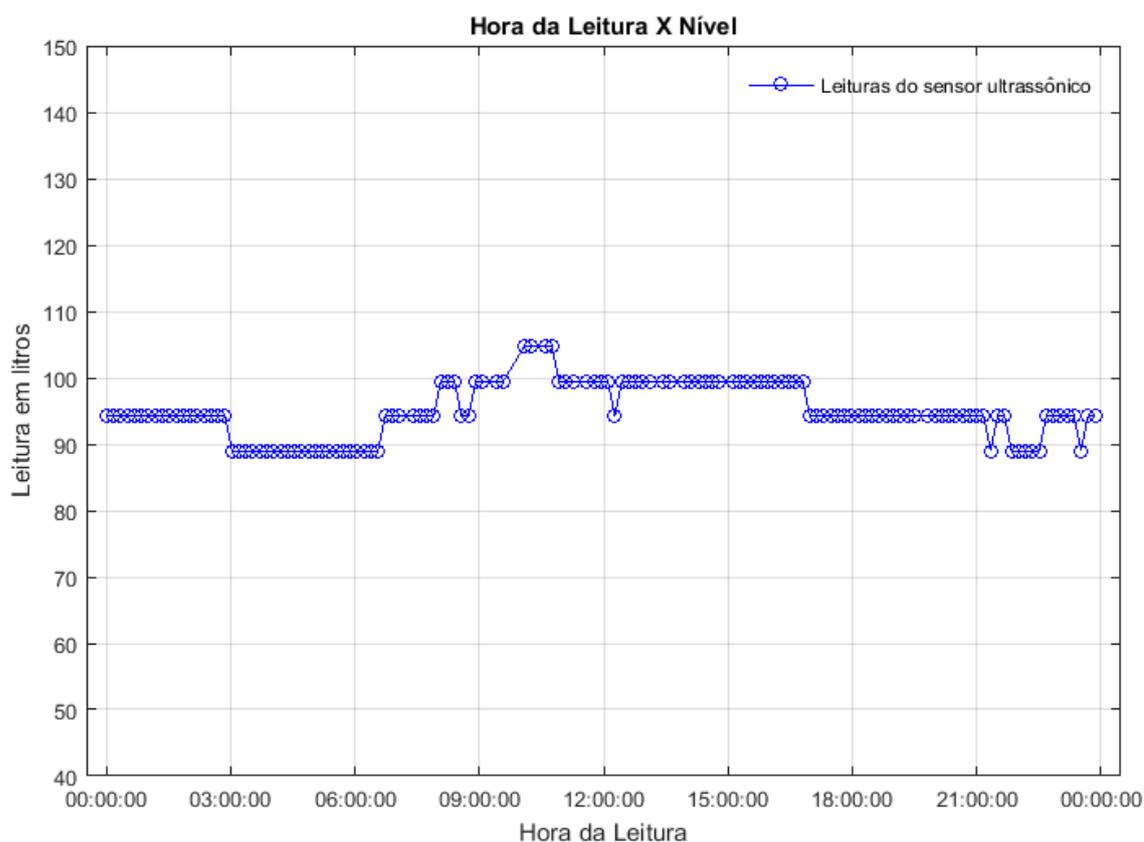


Figura 52: Leituras diárias após a adaptação para eliminação de interferências por condensação.

5.2 Sistema final com redundância de sensores

Com intuito de evitar falhas do sistema como já mencionado anteriormente, um sensor de nível de combustível foi adicionado ao sistema exposto na seção 5.1. Desta forma, caso o sensor ultrassônico falhasse ou apresentasse interferências que pudessem comprometer o funcionamento do sistema, este sensor seria capaz de suprir as necessidades do mesmo até que a situação do sensor ultrassônico fosse regularizada.

Após a instalação do sensor de combustível, como mostrado na seção 4, o nível do reservatório foi variado com intuito de comparar os resultados fornecidos pelos dois sensores. Fazendo isto obteve-se o gráfico apresentado na Figura 53, onde se verifica o comportamento dos dois sensores para as mais diversas condições do reservatório. Desta forma pode-se ver que ambos os sensores tiveram um comportamento satisfatório, pois apenas para níveis superiores a 150 litros

ocorreram diferenças significativas entre as leituras de cada um dos sensores. Nestes casos onde os níveis se mantiveram acima de 300 mm, que corresponde aos 150 litros, o sensor de combustível perdeu um pouco da sua exatidão pelo fato de atingir valores próximos da resistência mínima do sensor, porém ainda assim se manteve próxima do real do reservatório, resultando em um erro de aproximadamente 20 litros do valor real do reservatório, dado este coletado de forma manual através de um uma trena.

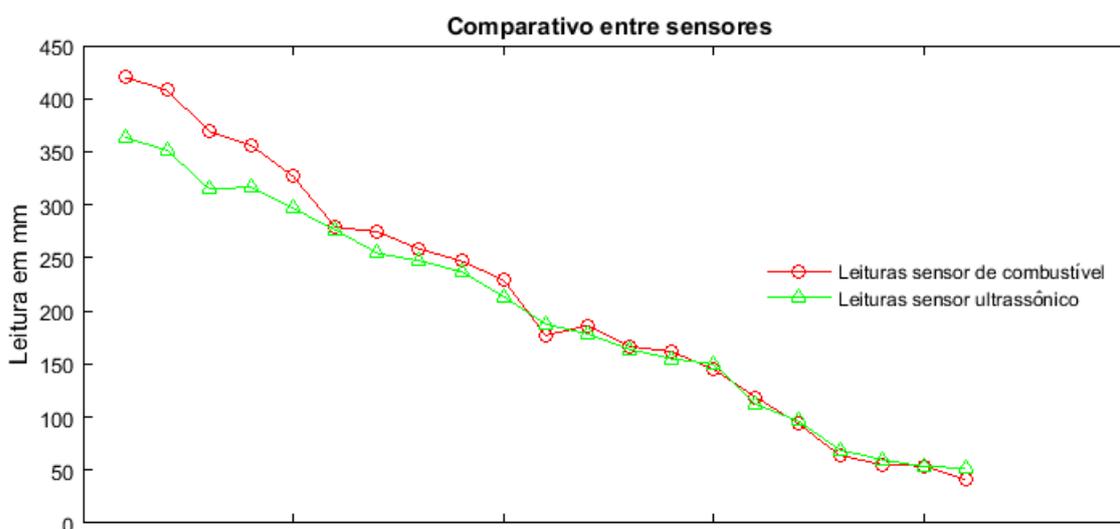


Figura 53: Leituras de nível para os dois sensores separadamente.

Em média os dois sensores apresentam uma diferença de 17 mm entre suas leituras, o que corresponde a aproximadamente 9 litros. A partir disto se valida o uso do sensor de combustível para o sistema, uma vez que este será utilizado apenas em casos onde exista uma discrepância expressiva entre as leituras dos dois sensores, indicando assim, prováveis falhas no sensor ultrassônico. Mesmo no caso onde ocorreu uma maior diferença entre os dois sensores, o emprego do sensor de combustível ainda se mostra viável visto que o intuito do sistema é dar ao usuário uma ideia geral sobre a situação do seu reservatório. Além do fato de ser mais interessante que o sensor possua uma melhor precisão em situações de nível mais baixo do reservatório, visto que assim se tem uma maior confiabilidade dos dados em situações de falta d'água, atendendo o foco principal do sistema de monitoramento que é informar situações críticas do reservatório.

Com o uso do sensor de nível de combustível, obteve-se uma maior estabilidade do sistema de monitoramento, pois este se manteve mais próximo do

real. Eliminando totalmente as variações extremas do valor real como pode se ver na Figura 54, onde as variações que ocorrem estão dentro da faixa de precisão do sensor. Isso ocorre, pois ao se detectar possíveis falhas no sensor ultrassônico o sensor de combustível realiza a leitura e, a partir disto, é feita a comparação da última informação enviada ao banco, prevalecendo como correta a leitura do sensor que mais se aproxime desta. Com isto, houve um aumento considerável na confiabilidade do sistema do monitoramento, dando informações mais próximas do real para que os usuários possam estar cientes das condições do seu reservatório.



Figura 54: Leituras diárias após a adição do sensor de nível de combustível.

Pela Figura 55, é possível fazer uma comparação entre o funcionamento dos dois sensores, onde se pode ver que devido às interferências, citadas na seção 5.1, o sensor ultrassônico possui uma maior variação nas leituras que o sensor de combustível, mas em contrapartida é mais exato que o sensor de combustível por apresentar leituras mais próximas da real. Por fim, ao se analisar o sistema em funcionamento com os dois sensores, percebe-se que as interferências são praticamente eliminadas sem que o sistema perca sua exatidão. Sendo isto possível, pelo fato de que preferencialmente são utilizadas as leituras realizadas pelo sensor ultrassônico, recorrendo ao sensor de combustível apenas em casos onde se detecte variações expressivas entre os dois sensores, e este apresente leituras mais

próximas das últimas fornecidas pelo sistema. Resultando assim em um sistema final mais confiável e estável, sem que condições externas interfiram no sistema.

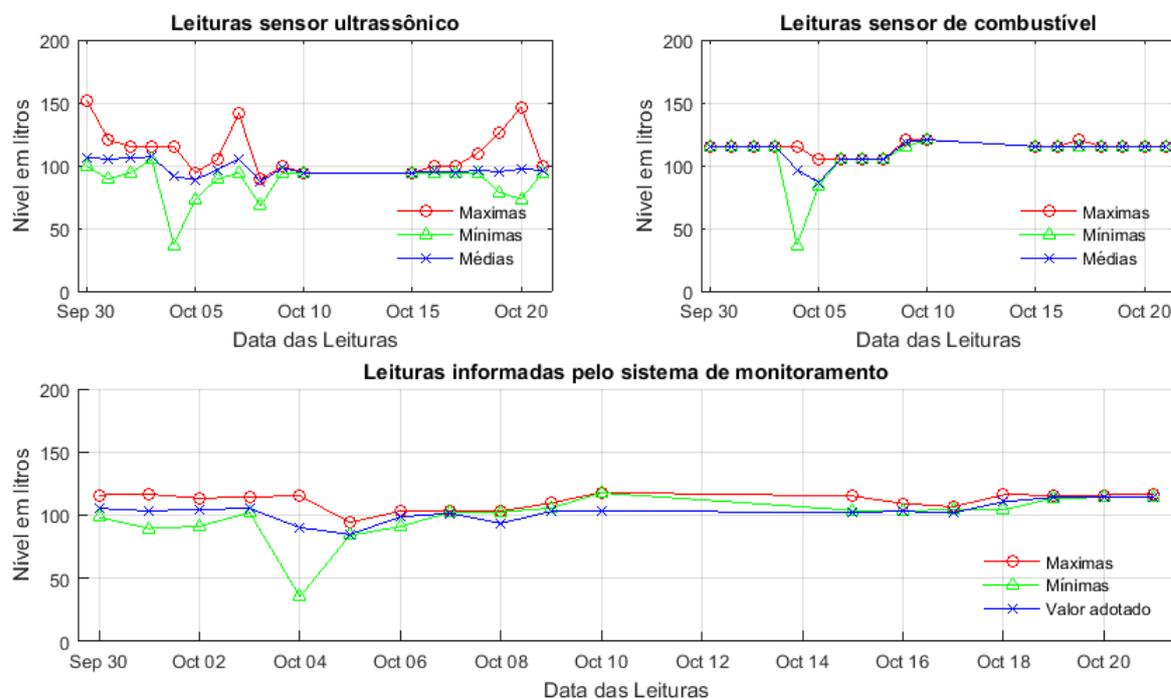


Figura 55: Análise das leituras dos sensores separados e do sistema final.

5.3 Sistema de comunicação e apresentação de dados

Para que os dados estejam disponíveis ao usuário a qualquer momento que este deseje, foi utilizado um sistema de banco de dados o qual já é muito difundido e utilizado atualmente. Entretanto, para que o microcontrolador pudesse comunicar diretamente com o banco de dados, é necessária a utilização de bibliotecas destinadas para tal fim. O que deixa o sistema mais pesado, resultando em um maior consumo de energia devido ao processamento de dados. Por isso o sistema projetado envia apenas os dados principais a uma página PHP, por meio do método *post*, o que diminui o processamento e o consumo do microcontrolador. Todo o processamento de dados e a comunicação com o banco de dados é feita pelo servidor que hospeda a página, otimizando assim o funcionamento do microcontrolador.

Através da implementação do sistema de banco de dados e da comunicação do microcontrolador com o mesmo, o sistema de monitoramento consegue atingir

seu objetivo que é fornecer ao usuário de forma remota a situação do seu reservatório, pois assim não é necessário que o usuário esteja próximo ao seu reservatório para que saiba qual sua situação. Bastando apenas que este tenha acesso aos sistemas de interface como usuário apresentados nos itens 4.2 e 4.3.

5.4 Levantamento de custos do sistema de monitoramento de nível

No desenvolvimento do sistema aqui proposto foram necessários um Arduino ATmega2560, um *shield ethernet*, um sensor ultrassônico JSN-SROT4-2.0, um sensor de nível de combustível. Sendo o preço de cada um destes apresentados na Tabela 4, conforme cotação realizada na loja Baú da eletrônica no dia 01 de outubro de 2018, assim como o custo total do sistema de análise de nível em tempo real de reservatórios de água residenciais.

Tabela 4: Preço de investimento para adquirir o sistema de monitoramento de nível.

Dispositivo	Quantidade	Preço
Arduino ATmega2560	1	R\$ 59,90
<i>Shield ethernet</i>	1	R\$ 53,90
Sensor JSN-SROT4-2.0	1	R\$ 69,90
Sensor de nível de combustível	1	R\$ 61,00
Gastos para confecção da PCB e demais componentes	-	R\$ 40,00
Custo total		R\$ 284,70

Após o levantamento dos custos com componentes do sistema de monitoramento, verifica-se que este possui um custo de instalação acessível a grande parte das pessoas. Sendo que este valor pode ainda ser menor, visto que o microcontrolador pode ser trocado por um modelo mais acessível que suporte a aplicação. É importante ressaltar que o sensor de temperatura não foi incluído nos gastos, por ser apenas um sensor instalado para análise comportamental do sistema, não sendo necessário para o seu funcionamento.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo aprimorar o sistema de monitoramento remoto de reservatórios de água residenciais assim como suas interfaces de comunicação com o usuário, desenvolvido como trabalho de conclusão por OLIVEIRA (2015), de forma a buscar uma melhor confiabilidade do sistema.

Primeiramente foi realizado o desenvolvimento de um sistema capaz de se comunicar em rede e armazenar os dados coletados. Com isso o usuário não precisaria mais estar próximo da instalação para monitorar seu sistema, possibilitando também uma análise comportamental do mesmo sem a necessidade de coleta manual dos dados. Para conectar o sistema à rede foi utilizada uma comunicação via cabo, devido ao fato do local da instalação não possuir sinal *wifi*. A metodologia adotada para realizar tal comunicação permitiu um ganho de processamento expressivo, pois todo o processamento das informações coletadas e a comunicação com o banco de dados foram feitos pelo servidor e não pelo microcontrolador.

Os primeiros testes foram realizados utilizando o sensor ultrassônico JSN-SROT4-2.0, que se mostrou uma boa opção por possuir uma boa precisão na realização das leituras. Entretanto, devido às condições climáticas as quais o sistema estava exposto, interferências foram detectadas em algumas leituras informadas pelo sistema. Com isto foi necessária a realização de algumas modificações no sistema a fim de eliminar tais interferências. Para isso, optou-se pela instalação de outro sensor com princípio de funcionamento diferente para que tais interferências não comprometessem as leituras de nível.

Por este motivo foi feita a inserção de um sensor de nível de combustível, a fim de reduzir o impacto das interferências que afetavam o sensor ultrassônico. Sendo que este sensor apenas é utilizado em casos onde divergências entre os níveis informados por cada um dos sensores se mostre significativa, visto que a precisão do sensor ultrassônico é maior que do sensor de nível de combustível. Após a realização dos testes constatou-se que as divergências entre o nível real e o informado pelo sistema diminuíram significativamente, deixando o sistema mais estável e, conseqüentemente, uma maior confiabilidade.

Por fim, conclui-se que o objetivo de desenvolver um sistema de monitoramento remoto de nível em reservatórios d'água residenciais foi alcançado de forma satisfatória, visto que ao longo dos 6 meses de coletas de dados o mesmo não apresentou desgastes e interferências devido ao tempo de funcionamento. Por isto o sistema pode ser utilizado como alternativa técnica para auxiliar no controle do desperdício de água nas residências, e também como forma de controle sobre o consumo de tal recurso.

7. TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão de trabalhos futuros, a partir dos estudos realizados no presente trabalho, pode-se citar:

- Trocar a comunicação *ethernet* para conexão *Wifi*, em casos onde o sistema esteja dentro da área de cobertura de tais redes;
- Implementação de um sistema de bombeamento, entre reservatórios, em casos onde haja pouca pressão na rede de distribuição;
- Desenvolvimento de um sistema de controle do fluxo de saída de água da caixa, onde o usuário poderia controlar o consumo de água por dia;
- Instalação do sistema em uma residência, de forma a obter medições ao longo de um ano, verificando a confiabilidade do sistema;
- Estudo de possíveis falhas nos sensores, devido ao uso em longo prazo;
- Estudo de possíveis sensores que possuam maior confiabilidade;
- Estudos da influência da pressão atmosférica e umidade na resposta do sensor ultrassônico.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDROID, Studio. **Guia do usuário.** Disponível em: < <https://developer.android.com/studio/intro/index.html?hl=pt-br> > . Acesso em: 30 Mar. 2018.

ANDROID Studio. Version 3.1. Google, 2018. Disponível em: <<https://developer.android.com/studio/index.html?hl=pt-br>>. Acesso em: 08 jan. 2018.

ARDUINO. **ARDUINO MEGA 2560 REV3.** Disponível em: < <https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3>>. Acesso em: 06 Abr. 2018.

ARROYO, Alexandre ; SANTOS, Fabio . **Programação para Web utilizando PHP.** 2002. 63 p. (Ciências da Computação)- Unicamp, 2002. Disponível em: <http://ftp://ftp.unicamp.br/pub/apoio/treinamentos/desenweb/apostila_php_intermediario.pdf>. Acesso em: 31 Mar. 2018.

AS. **La historia de Android Studio.** Disponível em: <<https://androidstudiofaqs.com/conceptos/android-studio-historia>> . Acesso em: 30 Mar. 2018.

ASCENSSÃO, Xico. **Influencia da temperatura e da humidade na velocidade do som.** Disponível em: < <https://pt.scribd.com/doc/120541630/Influencia-da-temperatura-e-da-humidade-na-velocidade-do-som>>. Acesso em: 20 de Out. 2018.

BAÚ DA ELETRÔNICA, **Componentes eletrônicos.** Disponível em: <<http://www.baudaeletronica.com.br/>> . Acesso em: 01 Out. 2018

CARNEIRO, André. **Sensores de temperatura.** Disponível em: < http://www.uesc.br/centros/ctr/modulos/didatico/palestras/seminarios/sct_2009/sem_dia3_andre.pdf>. Acesso em: 13 Jul. 2018.

COPYRIGHT, The PHP Group. **O que é PHP?.** Disponível em: < http://php.net/manual/pt_BR/intro-what-is.php > . Acesso em: 31 Mar. 2018.

CORDEIRO, Fillipe. **Programação Java Básico para Desenvolvimento Android, Parte 01.** Disponível em < <https://www.androidpro.com.br/programacao-android-java-basico-parte-01/> > . Acesso em: 30 Mar. 2018.

DACC, **Departamento Acadêmico de Ciência da Computação. Apostila PHP, Parte 1.** Disponível em: < https://sistemas.riopomba.ifsudestemg.edu.br/dcc/materiais/727113609_apostila-PHP-parte1.pdf > . Acesso em: 31 Mar. 2018.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Temperatura, calor e a primeira lei da termodinâmica: Dilatação térmica. In: HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Gravitação, ondas e termodinâmica**. 8. ed. [S.l.]: LTC, 2008. cap. 18, p. 202-204. v2.

JAHAN, Kits Shop. **JSN-SR04T-2.0**. Disponível em: <<https://www.jahankitshop.com/getattach.aspx?id=4635&Type=Product>>. Acesso em: 07 Abr. 2018.

JAVED, Adeel. **Criando projetos com Arduino para a Internet das Coisas: Experimentos com aplicação do mundo Real**. 1. ed. São Paulo: Novatec Editora Ltda., 2017. 275 p.

KHALED, S. **Geometria Espacial**. Disponível em: <<https://pir2.forumeiros.com/t34814-geometria-espacial>>. Acessado em: 17 Jul. 2018.

KIM, Phil. **Kalmman Filter for Beginners** : with MATLAB Examples. 1. ed. Republic Of Korea: A-JIN Publishing Company, 2010. 35 p.

LANNA, Luciana. **A crise hídrica brasileira e a falta de planejamento**. Disponível em: <<http://www.migalhas.com.br/dePeso/16,MI216277,101048-A+crise+hidrica+brasileira+e+a+falta+de+planejamento>>. Acessado em: 11 Mai. 2018.

MACÊDO, Diego. **Entendendo as Chaves dos Bancos de Dados**. Disponível em: <<http://www.diegomacedo.com.br/entendendo-as-chaves-dos-bancos-de-dados/>>. Acesso em: 31 Mar. 2018.

MADEIRA, Daniel. **Sensor de temperatura DS18B20**. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-temperatura-ds18b20/>>. Acessado em: 13 Jul. 2018.

MAGALHÃES, LANA. **Crise hídrica no Brasil**. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/crise-hidrica-no-brasil/>>. Acessado em: 11 Mai. 2018.

MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES. **Recursos hídricos**. Disponível em: <<http://www.itamaraty.gov.br/pt-BR/politica-externa/desenvolvimento-sustentavel-e-meio-ambiente/176-recursos-hidricos>>. Acessado em: 11 Mai. 2018.

NIEDERAUER, Juliano. **Desenvolvendo Websites com PHP**. 2º edição. Disponível em: <<http://www.martinsfontespaulista.com.br/anexos/produtos/capitulos/650595.pdf>>. Acesso em: 31 Mar. 2018.

OLIVEIRA, H. R. I; SANTOS, B. R. C; RODRIGUES, L. A. M. **Desenvolvimento De Um Aplicativo Android Para Monitoramento Microcontrolado Do Nível De Um**

Reservatório De Água Residencial Em Tempo Real. XII CEEL - Conferencia de Estudos de Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Uberlândia – UFU. Uberlândia - Minas Gerais, 2014

OLIVEIRA, I. R. H. **Desenvolvimento de um sistema para monitoramento remoto do nível de água de reservatórios residenciais.** 2015. 86 p. Monografia (Bacharelado em Engenharia Elétrica)- INSTITUTO FEDERAL MINAS GERAIS – CAMPUS FORMIGA, Formiga, 2015.

PACIEVITCH, Yuri. **Informática: HTML.** Disponível em: < <https://www.infoescola.com/informatica/html/>>. Acesso em: 31 Mar. 2018.

PADILHA, Adriano; CABRAL, Paulo. **Significado de Website.** Disponível em: < <https://www.significados.com.br/website/> >. Acesso em: 30 Mar. 2018.

PIMENTA, Luciano. **Android Studio.** Disponível em: < <http://www.theclub.com.br/Restrito/Revistas/201407/andr1407.aspx> >. Acesso em: 30 Mar. 2018.

RENNA, R. B. D. *et al.* **Introdução ao Kit de Desenvolvimento Arduino. Programa de educação tutorial – PET.** Curso de Engenharia de Telecomunicações. Universidade Federal Fluminense. Niteroi, 2013.

REZENDE, Ricardo. **Conceitos Fundamentais de Banco de Dados.** Disponível em: < <https://www.devmedia.com.br/conceitos-fundamentais-de-banco-de-dados/1649>>. Acesso em: 31 Mar. 2018.

ROMANATO, Allan. **Tutorial de Android Studio.** Disponível em: < <https://www.devmedia.com.br/tutorial-de-android-studio/34003>>. Acesso em: 30 Mar. 2018.

SANTOS, N. P. **Arduino Introdução e Recursos Avançados.** Escola Naval. Departamento de Engenheiros navais. Ramos de Armas e Eletrônica. 2009.

SENSE, Sensors & Instruments. **Sensores ultrassônicos.** Disponível em: <http://www.sense.com.br/arquivos/produtos/arq1/Sensores_Ultrass%C3%B4nicos_Sense_Folheto_Rev_%20J.pdf> . Acesso em: 07 Abr. 2018.

SILVA, Anna L. **Saae alerta para possibilidade de falta de água em Formiga.** Disponível em: < <http://g1.globo.com/mg/centro-oeste/noticia/2016/10/saae-alerta-para-possibilidade-de-falta-de-agua-em-formiga.html>>. Acesso em: 11 Mai. 2018.

SILVA, Domiciano C. M. **Anomalia da água.** Disponível em: < <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/anomalia-agua.htm> >. Acesso em: 14 Jul. 2018.

SOUZA, Fábio. **Introdução ao Arduino – Primeiros passos na plataforma.** Disponível em: < <https://www.embarcados.com.br/arduino-primeiros-passos/>>. Acesso em: 06 Abr. 2018.

THOMSEN, Adilson. **Como conectar o Sensor Ultrassônico HC-SR04 ao Arduino.** Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/sensor-ultrassonico-hc-sr04-ao-arduino/>>. Acesso em: 07 Abr. 2018.

VIANA, Ulisses B. ,SENAI, **Instrumentação: Instrumentação Básica I Pressão e nível.** Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/gustavosouza/2012.2/3-qui-int-1v/Instrumentacao%20Basica%20I%20-%20Pressao%20e%20Nivel%20-%20SENAI.pdf>>. Acessado em: 18 Mai. 2018

WHATELY, M; BLAETH, F; WEIS, B. **Água nas metrópoles, o risco da escassez.** Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfjV0AA/agua-nasmetropoles-risco-escassez#>>. Acessado em: 11 Mai. 2018.